

System for diagnosing and controlling high-pressure fuel system for in-cylinder fuel injection engine

Patent number: DE69823597T
Publication date: 2005-04-07
Inventor: MORIKAWA KOJI (JP)
Applicant: FUJI HEAVY IND LTD (JP)
Classification:
- international: **F02D41/06; F02D41/22; F02D41/30; F02D41/38; F02D41/06; F02D41/22; F02D41/30; F02D41/38; (IPC1-7): F02D41/22; F02D41/06; F02D41/30**
- european: **F02D41/06B; F02D41/22B; F02D41/30C6; F02D41/38C6**
Application number: DE19986023597T 19980902
Priority number(s): JP19970238547 19970903

Also published as:

EP0900927 (A2)
US6138638 (A1)
JP11082134 (A)
EP0900927 (A3)
EP0900927 (B1)

more >>

Report a data error here

Abstract not available for DE69823597T
Abstract of corresponding document: **EP0900927**

A system for controlling an in-cylinder fuel injection engine (1) determines that a high-pressure fuel system is abnormal, when meeting at least one of conditions that the fuel pressure P_f of the high-pressure fuel system does not reach a preset pressure PFS(S24) even if a predetermined period of time elapses after the engine start-up(S22), that the fuel pressure P_f of the high-pressure fuel system is not within an ordinary fuel pressure range defined by the lower limit PFL and the upper limit PFH after the engine start-up(S27,S28), and that the fuel injection pulse width T_i continues to exceed the upper limit TINGMAX, which can not usually be obtained, for a predetermined period of time at a lean air-fuel ratio (S30 SIMILAR S33). Thus, the abnormality of the high-pressure fuel system of the in-cylinder fuel injection engine (1) can be accurately diagnosed.

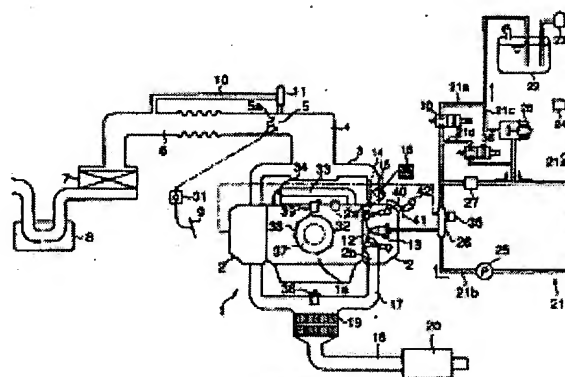


FIG.19

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 23 597 T2** 2005.04.07

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 900 927 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 23 597.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 116 607.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **02.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.03.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.04.2005**

(51) Int Cl.⁷: **F02D 41/22**

F02D 41/30, F02D 41/06

(30) Unionspriorität:

23854797 03.09.1997 JP

(73) Patentinhaber:

Fuji Jukogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(72) Erfinder:

Morikawa, Koji, Higashikurume-shi, Tokyo-To, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Überwachung und zur Steuerung eines Hochdruck-Kraftstoffeinspritzsystems einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein System für die Diagnose und die Steuerung eines Hochdruck-Kraftstoffsystems für einen Motor mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder. Speziell betrifft die Erfindung ein System für die Diagnose der Abnormalität eines Hochdruck-Kraftstoffsystems für einen Motor mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder sowie ein Steuerungssystem, das fähig ist, mit der Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems für einen Motor mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder umzugehen.

[0002] Herkömmlicherweise ist ein Motor mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder bekannt, bei dem ein Kraftstoff direkt in einen Zylinder (eine Brennkammer) eingespritzt und der eingespritzte Kraftstoff mittels einer Zündkerze gezündet und verbrannt wird, um dadurch den Kraftstoffverbrauch, die Motorausgangsleistung und den Abgasausstoß zu verbessern.

[0003] Wie in der JP-OS 2-169 834 oder in der JP-OS 8-177 699 angegeben ist, muß bei einem Motor dieses Typs mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder der einem Einspritzer zugeführte Kraftstoffdruck als Hochdruck aufrechterhalten werden, um den Kraftstoff gegen den Zylinderdruck direkt in einen Zylinder einzuspritzen, so daß der Kraftstoff aus einem Kraftstoffbehälter mittels einer Niederdruckpumpe (einer Förderpumpe) einer Hochdruckpumpe zugeführt wird, um den Kraftstoffdruck mittels der Hochdruckpumpe zu erhöhen und dem Einspritzer einen Hochdruckkraftstoff zuzuführen.

[0004] Dabei hat die Hochdruckpumpe keine ausreichende Selbstansaugkraft für den Kraftstoff, so daß an der stromaufwärtigen Seite der Hochdruckpumpe eine Niederdruckpumpe, wie etwa eine elektrische Förderpumpe, vorgesehen ist, so daß der Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter über die Niederdruckpumpe der Hochdruckpumpe zugeführt werden kann.

[0005] Ferner hat die Niederdruckpumpe zur gleichmäßigen Zuführung des Kraftstoffs zu der Hochdruckpumpe eine Förderkapazität, die gleich der oder größer als die maximale Förderkapazität der Hochdruckpumpe ist, und es ist eine Niederdruck-Reguliereinrichtung vorgesehen zum Regulieren des von der Niederdruckpumpe zugeführten Kraftstoffdrucks auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck, so daß der druckregulierte Kraftstoff der Hochdruckpumpe zugeführt wird.

[0006] Ferner wird bei einem Motor dieses Typs mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder eine Einspritzimpulsdauer für den Kraftstoff, die die Kraftstoffmengenmenge definiert, auf der Basis des Motorbe-

triebszustands eingestellt, und ein Treibersignal, das die Einspritzimpulsdauer bezeichnet, wird an einen Einspritzer ausgegeben, so daß eine gewünschte Einspritzmenge durch die Einspritzventil-Öffnungsperiode des Einspritzers auf der Basis der Einspritzimpulsdauer erzielt wird.

[0007] Der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems zum Fördern des Kraftstoffs von der Hochdruckpumpe zu dem Einspritzer muß somit bei einem vorbestimmten Kraftstoffdruck gehalten werden. Daher wird der von der Hochdruckpumpe erhöhte Druck des Kraftstoffs auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck mittels einer Hochdruck-Reguliereinrichtung reguliert, und ein Hochdruckkraftstoff mit dem gesteuerten Kraftstoffdruck wird dem Einspritzer zugeführt.

[0008] Wenn jedoch bei der Hochdruckpumpe oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, ein Fehler auftritt oder wenn Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt, kann der Kraftstoffdruck des dem Einspritzer zugeführten Hochdruckkraftstoffs nicht auf dem vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck gehalten werden, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung schlechter wird. Wenn außerdem der Einspritzer eine Abnormalität, wie etwa ein fehlerhaftes Öffnen des Einspritzventils hat, kann keine gewünschte Kraftstoffeinspritzmenge erhalten werden, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung schlechter wird.

[0009] Wenn dann das Ausmaß der Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems größer wird, dann wird die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung noch schlechter, so daß der Verbrennungszustand des Motors schlechter wird. Bei einem weiter stark zunehmendem Ausmaß der Abnormalität kann der Motor eventuell nicht mehr betriebsfähig sein oder beschädigt werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die oben genannten Probleme zu beseitigen und ein System für die Diagnose eines Hochdruck-Kraftstoffsystems für einen Motor mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder anzugeben, das die Abnormalität eines Hochdruck-Kraftstoffsystems eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder präzise diagnostizieren kann.

[0011] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Angabe eines Systems zur Steuerung eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder, das die Ausfallsicherheit herstellen kann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0012] Zur Erfüllung der vorgenannten und weiterer

Aufgaben wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ein System für die Diagnose eines Hochdruck-Kraftstoffsystems für einen Motor mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder angegeben, wobei der Druck eines Kraftstoffs von einer Hochdruckpumpe erhöht wird, um einem Einspritzer einen Hochdruckkraftstoff für die Direkteinspritzung des Hochdruckkraftstoffs in einen Zylinder zuzuführen, wobei das Diagnosesystem folgendes aufweist (wie in dem Prinzipblockdiagramm gemäß Fig. 1(a) gezeigt ist): Diagnoseeinrichtungen zum Überwachen von mindestens einem von dem Verhalten eines Kraftstoffdrucks eines Hochdruck-Kraftstoffsystems und der Beziehung zwischen einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und einer Einspritzimpulsdauer für einen Einspritzer, wobei die Diagnoseeinrichtungen bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist und Information über die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems liefern, wenn mindestens eine von den Bedingungen, daß der Kraftstoffdruck abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit dem Kraftstoffeinspritzimpuls inkompatibel ist, erfüllt ist.

[0013] Dieses Diagnosesystem überwacht mindestens eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Kraftstoffeinspritzimpulsdauer für den Einspritzer.

[0014] Wenn mindestens eine von den Bedingungen, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, erfüllt ist, bestimmt das Diagnosesystem, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist und liefert Informationen über die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems.

[0015] Bei diesem Diagnosesystem wird mindestens eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer überwacht. Wenn mindestens eine von den Bedingungen, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, erfüllt ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0016] Wenn also der Hochdruckkraftstoff abnormal ist, wenn beispielsweise die Hochdruckpumpe oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist oder wenn Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt oder wenn der Einspritzer abnormal ist, so ist es möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems genau zu diagnostizieren.

[0017] Da außerdem dieses Diagnosesystem Informationen über die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems liefert, wenn bestimmt wird, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, so ist es möglich zu verhindern, daß die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems den Abgasausstoß verschlechtert und einen schädlichen Einfluß auf den Motor hat.

[0018] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Steuerungssystem zur Steuerung eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder angegeben, bei dem ein von einer Niederdruckpumpe zugeführter Niederdruckkraftstoff von einer Niederdruck-Reguliereinrichtung auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert wird, um einer Hochdruckpumpe zugeführt zu werden, wobei der Druck des Kraftstoffs von der Hochdruckpumpe erhöht und auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck von einer Hochdruck-Reguliereinrichtung reguliert wird, um einem Einspritzer einen Hochdruckkraftstoff zuzuführen, und wobei eine Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis eines Motorbetriebszustands eingestellt wird und die Kraftstoffeinspritzmenge von dem Einspritzer direkt in einen Zylinder eingespritzt wird, wobei das Steuerungssystem folgendes aufweist (wie in dem Prinzipblockdiagramm gemäß Fig. 1(b) gezeigt ist):

eine Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, die in einem Kraftstoff-Umgehungskanal vorgesehen ist, der vorgesehen ist, um die Hochdruck-Reguliereinrichtung zu umgehen, um zwischen einem Hochdruck-Kraftstoffsystem und einem Niederdruck-Kraftstoffsystem eine Verbindung herzustellen;

Diagnoseeinrichtungen zum Überwachen von mindestens einem von dem Verhalten eines Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems und der Beziehung zwischen einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und einer Kraftstoffeinspritzimpulsdauer für den Einspritzer, wobei die Diagnoseeinrichtungen bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wenn mindestens eine von den Bedingungen, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, erfüllt ist;

Öffnen-/Schließen-Ventilsteuereinrichtungen zum Schließen der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und zum Öffnen der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer Einspritzimpulsdauer, die eine Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen die Einspritzimpulsdauer auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem Druck eines von der

Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0019] Dieses Steuerungssystem überwacht mindestens eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer. Wenn mindestens eine von den Bedingungen, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Kraftstoffeinspritzimpulsdauer inkompatibel ist, erfüllt ist, bestimmt das Steuerungssystem, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0020] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, dann ist die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, die in dem Kraftstoff-Umgehungskanal vorgesehen ist, um die Hochdruck-Reguliereinrichtung zu umgehen, um die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem herzustellen, geschlossen, um den Hochdruckkraftstoff, dessen Druck von der Hochdruckpumpe erhöht und von der Hochdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, dem Einspritzer zuzuführen.

[0021] Dabei wird die Kraftstoffeinspritzimpulsdauer, die die Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben.

[0022] Wenn dagegen das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, ist die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung geöffnet, um den Niederdruckkraftstoff, der von der Niederdruckpumpe zugeführt worden ist, um von der Niederdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert zu werden, direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zuzuführen, um dem Einspritzer den Niederdruckkraftstoff zuzuführen. Dann wird die Kraftstoffeinspritzimpulsdauer auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs vorgegeben.

[0023] Gemäß diesem Steuerungssystem wird mindestens eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und dem Verhältnis zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer überwacht. Wenn mindestens eine von den Bedingungen, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Ein-

spritzimpulsdauer inkompatibel ist, erfüllt ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0024] Wenn daher der Hochdruckkraftstoff abnormal ist, wenn beispielsweise die Hochdruckpumpe oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist oder wenn Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt oder wenn der Einspritzer abnormal ist, so ist es möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems exakt zu diagnostizieren.

[0025] Die Diagnoseergebnisse für das Hochdruck-Kraftstoffsystem gehen dann in die Kraftstoffeinspritzsteuerung ein, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, die in dem Kraftstoff-Umgehungskanal zum Umgehen der Hochdruck-Reguliereinrichtung für die Herstellung der Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem vorgesehen ist, geschlossen, so daß der Hochdruckkraftstoff, dessen Druck von der Hochdruckpumpe erhöht und von der Hochdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, dem Einspritzer zugeführt wird.

[0026] Da zu diesem Zeitpunkt die Einspritzimpulsdauer, die die Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben ist, so ist der Druck des dem Einspritzer zugeführten Hochdruckkraftstoffs mit der Einspritzimpulsdauer kompatibel, so daß eine geeignete Kraftstoffmenge, die der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge entspricht, aus dem Einspritzer ähnlich wie bei herkömmlichen Systemen eingespritzt werden kann.

[0027] Wenn dagegen das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, so ist die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung geöffnet, so daß der Niederdruckkraftstoff der von der Niederdruckpumpe zugeführt und von der Niederdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt wird, um dem Einspritzer zugeführt zu werden, und zwar unabhängig von dem Hochdruckkraftstoff, der von der Hochdruckpumpe und der Hochdruck-Reguliereinrichtung, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, zugeführt wird.

[0028] Dann wird die Einspritzimpulsdauer auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Drucks vorgegeben. Somit wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer so vorgegeben, daß eine vorbestimmte Kraftstoffeinspritz-

menge mit dem Druck des Niederdruckkraftstoffs erhalten wird; und auch wenn in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem ein Fehler vorliegt, kann die Ventilöffnungsperiode des Einspritzers durch die Einspritzimpulsdauer so gesteuert werden, daß sie mit der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge übereinstimmt, so daß es möglich ist, die Differenz zwischen der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge und der aus dem Einspritzer tatsächlich eingespritzten Kraftstoffeinspritzmenge auszuschließen, um dadurch die Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu unterbinden.

[0029] Da also die Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung auch dann unterbunden werden kann, wenn in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem ein Fehler vorliegt, ist es möglich, eine Beschädigung des Motors durch die Verschlechterung des Verbrennungszustands des Motors zu verhindern, so daß der Motor weiter betrieben werden kann.

[0030] Da ferner zu diesem Zeitpunkt der Niederdruckkraftstoff von dem Niederdruck-Kraftstoffsystem dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt wird, kann die Belastung der Hochdruckpumpe infolge der Verdichtung des Kraftstoffs verringert werden, und die Hochdruck-Reguliereinrichtung ist außer Betrieb. Auch wenn also bei der Hochdruckpumpe oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung ein Fehler vorliegt, kann ein Anstieg des Ausmaßes der Abnormalität der Hochdruckpumpe oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung unterbunden werden, so daß ein Ausfall usw. verhindert wird.

[0031] Wenn ferner als die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems eine fehlerhafte Öffnung des Einspritzventils im Einspritzer auftritt, wird der Niederdruckkraftstoff dem Einspritzer zugeführt. Daher kann die Belastung der Einspritzventilöffnung gegen den Kraftstoffdruck des Einspritzers verringert werden, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung in gewissem Umfang gewährleistet werden kann. Auch in diesem Fall ist es möglich, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu unterbinden.

[0032] Wenn ferner als Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems ein Austritt von Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem auftritt, wird dem Hochdruck-Kraftstoffsystem der Niederdruckkraftstoff zugeführt, um den Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu verringern, so daß es möglich ist, einen Austritt von Kraftstoff zumindest aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zu verhindern.

[0033] Gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein System zur Steuerung eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder angegeben, wobei ein von einer Niederdruckpumpe zuge-

führter Niederdruckkraftstoff von einer Niederdruck-Reguliereinrichtung auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert wird, um einer Hochdruckpumpe zugeführt zu werden, wobei der Druck des Kraftstoffs von der Hochdruckpumpe erhöht und von einer elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung reguliert wird, um einem Einspritzer einen Hochdruckkraftstoff zuzuführen, und wobei ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und eine Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis eines Motorbetriebszustands vorgegeben sind, wobei die Kraftstoffeinspritzmenge von dem Einspritzer zu dem Kraftstoffeinspritzzeitpunkt direkt in einen Zylinder eingespritzt wird, wobei das Steuerungssystem, wie das Prinzipblockdiagramm gemäß Fig. 1(c) zeigt, folgendes aufweist:

Diagnoseeinrichtungen zum Verbinden einer stromabwärtigen Seite der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung mit einem Niederdruck-Kraftstoffsystem und zum Überwachen von mindestens einem von dem Verhalten eines Kraftstoffdrucks eines Hochdruck-Kraftstoffsystems und der Beziehung zwischen einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und einer Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, wobei die Diagnoseeinrichtungen bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wenn mindestens eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist;

Hochdruckreguliereinrichtungs-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer gesteuerten Variablen für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung, so daß ein vorbestimmter gesteuerter Kraftstoffdruck erhalten wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wobei die Hochdruckreguliereinrichtungs-Steuereinrichtungen eine gesteuerte Variable so vorgeben, daß die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung vollständig geöffnet wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer Einspritzimpulsdauer, die eine Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Einspritzimpulsdauer auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs vorgeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0034] Dieses Steuerungssystem verwendet die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung als Hochdruck-Reguliereinrichtung, und die stromabwärtige Seite der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung ist mit dem Niederdruck-Kraftstoffsystem verbunden. Das Steuerungssystem überwacht mindestens eines von dem Ver-

halten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer.

[0035] Wenn mindestens eine von den Bedingungen, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, erfüllt ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist. Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, ist die gesteuerte Variable für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung so vorgegeben, daß der vorbestimmte gesteuerte Kraftstoffdruck erhalten wird, und der Hochdruckkraftstoff, dessen Druck von der Hochdruckpumpe erhöht worden ist, um von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert zu werden, wird dem Einspritzer zugeführt.

[0036] Dabei wird die Einspritzimpulsdauer, die die Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben, der von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung reguliert wird.

[0037] Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, ist die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung vollständig geöffnet, so daß der Niederdruckkraftstoff der von der Niederdruckpumpe zugeführt wird, um von der Niederdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert zu werden, dem Hochdruck-Kraftstoffsystem direkt zugeführt wird, um dem Einspritzer zugeführt zu werden. Dann wird die Einspritzimpulsdauer auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgegeben.

[0038] Bei diesem Steuerungssystem wird mindestens eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer überwacht.

[0039] Wenn mindestens eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0040] Wenn daher der Hochdruckkraftstoff abnormal ist, beispielsweise wenn die Hochdruckpumpe oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung, die das

Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist, oder wenn Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt oder der Einspritzer abnormal ist, ist es möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems präzise zu diagnostizieren.

[0041] Außerdem verwendet dieses Steuerungssystem die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung als die Hochdruck-Reguliereinrichtung, und die stromabwärtige Seite der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung ist mit dem Niederdruck-Kraftstoffsystem verbunden. Die diagnostizierten Ergebnisse für das Hochdruck-Kraftstoffsystem spiegeln sich in der Kraftstoffeinspritzsteuerung, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird die gesteuerte Variable für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung so vorgegeben, daß der vorbestimmte gesteuerte Kraftstoffdruck erhalten wird, und der Hochdruckkraftstoff, dessen Druck von der Hochdruckpumpe erhöht und von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, wird dem Einspritzer zugeführt.

[0042] Dabei wird die Einspritzimpulsdauer, die die Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben. Daher ist der Druck des dem Einspritzer zugeführten Hochdruckkraftstoffs mit der Einspritzimpulsdauer kompatibel, so daß wie bei herkömmlichen Systemen eine korrekte Kraftstoffmenge, die der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge entspricht, aus dem Einspritzer eingespritzt werden kann.

[0043] Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, so ist die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung vollständig geöffnet, so daß der von der Niederdruckpumpe zugeführte Niederdruckkraftstoff, der von der Niederdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten Kraftstoffdruck zu regulieren ist, direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem für die Zuführung zum Einspritzer unabhängig von dem Hochdruckkraftstoff zugeführt wird. Dann wird die Einspritzimpulsdauer auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgegeben.

[0044] Somit wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer so vorgegeben, daß eine vorbestimmte Kraftstoffeinspritzmenge mit dem Druck des Niederdruckkraftstoffs erhalten wird, und auch im Fall einer Störung in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem kann die Ventilöffnungsperiode des Einspritzers durch die Einspritzimpulsdauer so gesteuert werden, daß sie mit

der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge übereinstimmt, so daß es möglich ist, einen Unterschied zwischen der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge und der tatsächlich aus dem Einspritzer eingespritzten Einspritzmenge zu unterbinden, so daß eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung verhindert wird.

[0045] Da also eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung auch dann verhindert werden kann, wenn in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem ein Fehler vorliegt, ist es möglich, eine Beschädigung des Motors durch die Verschlechterung des Verbrennungszustands des Motors zu verhindern, so daß der Motor weiter betrieben werden kann.

[0046] Da ferner zu diesem Zeitpunkt der Niederdruckkraftstoff von dem Niederdruck-Kraftstoffsystem dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt wird, kann die Belastung der Hochdruckpumpe infolge der Verdichtung des Kraftstoffs verringert werden, und die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung ist im wesentlichen außer Betrieb. Auch wenn daher bei der Hochdruckpumpe oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung ein Fehler vorliegt, ist es möglich zu verhindern, daß das Ausmaß der Abnormalität der Hochdruckpumpe oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung größer wird, so daß eine starke Schädigung usw. verhindert wird.

[0047] Wenn außerdem als Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems eine fehlerhafte Einspritzventilöffnung auftritt, wird dem Einspritzer der Niederdruckkraftstoff zugeführt. Somit kann die Belastung der Einspritzventilöffnung gegenüber dem Kraftstoffdruck des Einspritzers verringert werden, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung in gewissem Umfang gewährleistet werden kann. Auch in diesem Fall ist es möglich, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu unterbinden.

[0048] Wenn ferner als Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt, wird dem Hochdruck-Kraftstoffsystem der Niederdruckkraftstoff zugeführt, um den Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu verringern, so daß es möglich ist, einen Kraftstoffaustritt zumindest aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zu verhindern.

[0049] Da außerdem die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung sowohl die Funktion der Hochdruck-Reguliereinrichtung als auch die Funktion der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung hat, ist es möglich, auf die Hochdruck-Reguliereinrichtung und die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung zu verzichten. Es ist daher möglich, die Anzahl der Teile

des Kraftstoffzuführsystems zu verringern und dadurch die Konstruktion des Kraftstoffzuführsystems gegenüber dem Steuerungssystem nach dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung zu vereinfachen.

[0050] Gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das Steuerungssystem ferner folgendes aufweisen: eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern; und eine Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle, die eine Motordrehzahl und eine Motorlast als Parameter nutzt, um darin eine Einspritzimpulsdauer zu speichern, die dazu geeignet ist, eine erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge mit dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck eines Niederdruckkraftstoffs zu erhalten, wobei dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtung eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgibt, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtung auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nimmt, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben; und wobei dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf der Basis der Motordrehzahl und der Motorlast Bezug nehmen, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0051] Um die Kraftstoffeinspritzimpulsdauer vorzugeben, weist dieses Steuerungssystem die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern, und die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf, die die Motordrehzahl und die Motorlast als Parameter nutzt, um darin eine Einspritzimpulsdauer

zu speichern, die dazu geeignet ist, eine erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge mit dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs zu erhalten.

[0052] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands so vorgegeben, daß die Grund-Einspritzimpulsdauer, um eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die Grund-Ventilöffnungsperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0053] Durch diesen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor wird die Grund-Einspritzimpulsdauer korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben. Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, erfolgt die Bezugnahme auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf der Basis der Motordrehzahl und der Motorlast, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0054] Wie oben beschrieben, weist das Steuerungssystem die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern, und die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf, die die Motordrehzahl und die Motorlast als Parameter nutzt, um darin die Einspritzimpulsdauer zu speichern, die geeignet ist, um die erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge mit dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinheit regulierten Niederdruckkraftstoffs zu erhalten.

[0055] Zur Vorgabe der Einspritzimpulsdauer wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die zum Erhalt der Grund-Einspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck genutzt wird, und die die Grund-Ventilöffnungsperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der

Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0056] Dann wird die Grund-Kraftstoffeinspritzimpulsdauer mit diesem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben. Daher kann zusätzlich zu den Vorteilen, die gemäß dem zweiten oder dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung erzielt werden, die Änderung der tatsächlichen Kraftstoffeinspritzmenge in bezug auf die erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems korrigiert werden, d. h. dem tatsächlichen Kraftstoffdruck, der dem Einspritzer zugeführt wird, um die endgültige Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die die Einspritzventil-Öffnungsperiode für den Einspritzer definiert, weil die Grund-Einspritzimpulsdauer, die in Abhängigkeit von dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben wurde, durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem, in dem der Hochdruckkraftstoff dem Einspritzer zugeführt wird, normal ist.

[0057] Somit kann eine richtige Einspritzimpulsdauer, die zur Erzielung der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge geeignet ist, in Abhängigkeit von dem Druck des Hochdruckkraftstoffs vorgegeben werden, der dem Einspritzer tatsächlich zugeführt wird. Infolgedessen kann eine geeignete Kraftstoffmenge, die der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge entspricht, mit Sicherheit aus dem Einspritzer eingespritzt werden, so daß die Steuerungsgenauigkeit der Kraftstoffeinspritzung weiter verbessert werden kann.

[0058] Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem für die Zuführung des Niederdruckkraftstoffs des Niederdruck-Kraftstoffsystems direkt zum Einspritzer abnormal ist, erfolgt die Bezugnahme auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf der Basis der Motordrehzahl und der Motorlast, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben. Daher kann eine Einspritzimpulsdauer, die geeignet ist, um die erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge bei dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs zu erhalten, genau vorgegeben werden.

[0059] Auch wenn also das Hochdruck-Kraftstoffsystem zur Zuführung des Niederdruckkraftstoffs des Niederdruck-Kraftstoffsystems direkt zum Einspritzer abnormal ist, kann die Differenz zwischen der erforderlichen Einspritzmenge und der tatsächlich vom Einspritzer eingespritzten Kraftstoffeinspritzmenge mit Sicherheit verringert werden, so daß die Steuer-

barkeit der Kraftstoffeinspritzung verbessert werden kann.

[0060] Gemäß einem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das Steuerungssystem ferner folgendes aufweisen: eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgeben, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen einen Abnormale-Periode-Korrekturfaktor für die Korrektur vorgeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck eines Niederdruckkraftstoffs zu erhöhen, wenn zumindest das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor und den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0061] Dieses Steuerungssystem weist die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf, die den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern.

[0062] Zur Vorgabe der Einspritzimpulsdauer wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge genutzt wird und die die Grund-Ventilöffnungsperiode für den Einspritzer definiert, und die

Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0063] Wenn ferner zumindest das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor angewandt, um die Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs zu erhöhen. Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor und den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0064] Wie oben beschrieben, weist dieses Steuerungssystem die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf, die den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern.

[0065] Zur Vorgabe der Einspritzimpulsdauer wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die die Grund-Ventilöffnungsperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, wobei auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug genommen wird, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0066] Wenn ferner zumindest das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor für die Korrektur genutzt, um die Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs zu erhöhen. Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor und den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0067] Wenn daher die Grund-Einspritzimpulsdauer, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben worden ist, durch den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor in Abhängigkeit von dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrich-

tung regulierten Niederdruckkraftstoffs so korrigiert werden kann, daß sie erhöht wird, dann kann die Einspritzimpulsdauer im Vergleich mit dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung auf einfache Weise in Abhängigkeit von dem Druck des Niederdruckkraftstoffs vorgegeben werden.

[0068] Daher kann die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauer, die bei dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung angewandt wird, entfallen, so daß es möglich ist, die Mannstunden für die Dateneingabe für die in der Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle gespeicherte Einspritzimpulsdauer sowie die von der Tabelle in Anspruch genommene Speicherkapazität zu reduzieren.

[0069] Da außerdem der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor genutzt werden kann, können die Vorgaben der Einspritzimpulsdauer während des normalen und des abnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffsystems in gewissem Umfang gemeinsam genutzt werden, um die Steuerung zu vereinfachen, so daß gegenüber dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung die für die Dateneingabe benötigten Mannstunden erheblich verringert werden können.

[0070] Gemäß einem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das Steuerungssystem ferner folgendes aufweisen: eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die den von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck eines Niederdruckkraftstoffs und einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgeben, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0071] Dieses Steuerungssystem weist die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf, die den Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regu-

lierten Niederdruckkraftstoffs und den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als Parameter verwendet, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Einspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern.

[0072] Um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben. Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0073] Wie oben beschrieben, weist dieses Steuerungssystem die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf, die den Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs und den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als Parameter nutzt, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern.

[0074] Um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0075] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben. Das heißt, der Kraftstoffdruckbereich, der von der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle abgedeckt ist, wird auf den Druckbereich des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten

Niederdruckkraftstoff erweitert, ohne auf den Kraftstoffdruckbereich in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems beschränkt zu sein.

[0076] Auch wenn also der von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierte Niederdruckkraftstoff dem Einspritzer zugeführt wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, kann die Grund-Einspritzimpulsdauer, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben wurde, kompensiert werden durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Kraftstoffdruck, der dem Einspritzer zugeführt wird, so daß der dem Einspritzer zugeführte Kraftstoffdruck mit der Einspritzimpulsdauer kompatibel sein kann, wenn das den Hochdruckkraftstoff erhaltende Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist oder auch, wenn das den Niederdruckkraftstoff erhaltende Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0077] Daher können die vorgegebenen Einspritzimpulsdauern während normaler und abnormaler Zustände des Hochdruck-Kraftstoffsystems durchaus generell genutzt werden, und das Steuerungssystem kann einfacher als dasjenige gemäß dem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung ausgebildet sein.

[0078] Gemäß einem siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein System zur Steuerung eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder angegeben, wobei ein Niederdruckkraftstoff, der von einer Niederdruckpumpe zugeführt wird, von einer Niederdruck-Reguliereinrichtung auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert wird, um einer Hochdruckpumpe zugeführt zu werden, wobei der Druck des Kraftstoffs von der Hochdruckpumpe erhöht und von einer Hochdruck-Reguliereinrichtung auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert wird, um einem Einspritzer einen Hochdruckkraftstoff zuzuführen, und wobei während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten eine Schichtverbrennung auf der Basis einer späten Einspritzung gewählt wird, um auf der Basis des Betriebszustands des Motors eine Kraftstoffeinspritzmenge, einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und einen Zündzeitpunkt vorzugeben, die für die Schichtverbrennung geeignet sind, und während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten eine gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auf der Basis einer frühen Einspritzung gewählt wird, um auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Kraftstoffeinspritzmenge, einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und einen Zündzeitpunkt vorzugeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, wobei die Kraftstoffeinspritzmenge von dem Einspritzer direkt in einen Zylinder eingespritzt wird, um den eingespritzten Kraftstoff durch eine Zündkerze zum Zündzeitpunkt zu zünden, um die Schichtverbrennung oder die gleichmäßige vorgemischte Ver-

brennung zu erzielen, wobei das Steuerungssystem, wie in dem Prinzipblockdiagramm in Fig. 2(a) gezeigt ist, folgendes aufweist:

eine Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, die in einem Kraftstoff-Umgehungskanal vorgesehen ist, der vorgesehen ist, um die Hochdruck-Reguliereinrichtung zu umgehen, um zwischen einem Hochdruck-Kraftstoffsystem und einem Niederdruck-Kraftstoffsystem eine Verbindung herzustellen;

Diagnoseeinrichtungen zum Überwachen von mindestens einem von dem Verhalten eines Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems und der Beziehung zwischen einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und einer Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, wobei die Diagnoseeinrichtungen bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wenn mindestens eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist;

Öffnen-/Schließen-Ventilsteuereinrichtungen zum Schließen der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und zum Öffnen der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist;

eine Verbrennungssystem-Wähleinrichtung, um auf der Basis des Motorbetriebszustands die Schichtverbrennung, die auf der späten Einspritzung während niedrigen Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten basiert, und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung während hohen Motordrehzahlen mit hohen Lasten basiert, zu wählen;

Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die eine für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, die auf der Basis des Betriebszustands des Motors in Abhängigkeit von dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck und zum Vorgeben eines Kraftstoffeinspritzzeitpunkts in einem Kompressionshub eines Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Betriebszustands des Motors in Abhängigkeit von dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck eine Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete ist, und einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt am Ende eines Auslaßhubs oder bei einem Ansaughub eines Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Betriebszustands des Motors in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Regulier-

einrichtung regulierten Druck eines Niederdruckkraftstoffs eine Einspritzimpulsdauer vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt vorgeben, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und

Zündzeitpunkt-Steuereinrichtungen, die auf der Basis des Motorbetriebszustands einen Zündzeitpunkt vorgeben, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und auf der Basis des Motorbetriebszustands einen Zündzeitpunkt vorgeben, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0079] Dieses Steuersystem überwacht zumindest eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer. Wenn mindestens eine der Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0080] Außerdem wird auf der Basis des Motorbetriebszustands während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten die Schichtverbrennung auf der Basis der späten Einspritzung gewählt, und während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten wird die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auf der Basis der frühen Einspritzung gewählt.

[0081] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, ist die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, die in dem Kraftstoff-Umgehungs kanal vorgesehen ist, der zur Umgehung der Hochdruckpumpe vorgesehen ist, um die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem herzustellen, geöffnet, um den Hochdruckkraftstoff, dessen Druck von der Hochdruckpumpe erhöht worden ist, um von der Hochdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert zu werden, dem Einspritzer zuzuführen.

[0082] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, welche die Kraftstoffeinspritzmenge definiert, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben, und der

Kraftstoffeinspritzzeitpunkt wird in dem Kompressionshub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben.

[0083] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und die die Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben, und der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt wird am Ende des Auslaßhubs oder bei dem Ansaughub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben. Außerdem wird der Zündzeitpunkt, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, vorgegeben, um die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auszuführen.

[0084] Wenn dagegen das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung geöffnet, um den Niederdruckkraftstoff, der von der Niederdruckpumpe zugeführt wird, um von der Niederdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert zu werden, dem Hochdruck-Kraftstoffsystem direkt zugeführt, um den Kraftstoff dem Einspritzer zuzuführen. Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Einspritzimpulsdauer, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoff vorgegeben.

[0085] Dabei werden der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Zündzeitpunkt, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, um die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auf der Basis der frühen Einspritzung ungeachtet der Wahl des Verbrennungssystems auszuführen.

[0086] Bei diesem Steuerungssystem wird zumindest eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer überwacht. Wenn mindestens eine der Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0087] Wenn also der Hochdruckkraftstoff abnormal ist, z. B. wenn die Hochdruckpumpe oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist oder wenn Kraftstoff

aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt oder wenn der Einspritzer abnormal ist, ist es also möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems richtig zu diagnostizieren.

[0088] Ferner wird während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten auf der Basis der Motorbetriebsbedingungen die Schichtverbrennung, die auf der späten Einspritzung basiert, gewählt, und während hoher Motordrehzahlen und hohen Lasten wird die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auf der Basis der frühen Einspritzung gewählt.

[0089] Dann gehen die diagnostizierten Ergebnisse für das Hochdruck-Kraftstoffsystem in die Kraftstoffeinspritzsteuerung ein, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung, die in dem Kraftstoff-Umgehungskanal zur Umgehung der Hochdruckpumpe für die Herstellung der Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem vorgesehen ist, geöffnet, so daß der Hochdruckkraftstoff, dessen Druck von der Hochdruckpumpe erhöht und von der Hochdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, dem Einspritzer zugeführt wird.

[0090] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die die Kraftstoffeinspritzmenge definiert, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben.

[0091] Außerdem wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt in dem Kompressionshub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben, und der Zündzeitpunkt, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, wird auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, um die Schichtverbrennung auszuführen.

[0092] Es ist somit möglich, die Kompatibilität des Drucks des dem Einspritzer zugeführten Hochdruckkraftstoffs mit der Einspritzimpulsdauer zu erhalten, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und der Motorbetriebszustand bei niedrigen Motordrehzahlen und niedrigen Lasten ist, kann wie bei herkömmlichen Systemen eine geeignete Kraftstoffmenge von dem Einspritzer eingespritzt werden, die für die Schichtverbrennung geeignet ist und eine vorbestimmte Ausgangsleistung in Abhängigkeit von der Motorleistung zu diesem Zeitpunkt gewährleistet, so daß es möglich ist, den Kraftstoffverbrauch und den Abgasausstoß durch die Schichtverbrennung zu verbessern, wenn der Motor mit niedrigen Drehzahlen und niedriger Last betrieben wird.

[0093] Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und die Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Druck vorgegeben.

[0094] Außerdem wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt am Ende des Auslaßhubs oder bei einem Ansaughub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben, und der Zündzeitpunkt, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wird vorgegeben, um die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auszuführen.

[0095] Es ist also möglich, die Kompatibilität des Drucks des dem Einspritzer zugeführten Hochdruckkraftstoffs mit der Einspritzimpulsdauer zu erhalten, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und der Motor mit hohen Drehzahlen und hoher Last betrieben wird, kann ähnlich wie bei herkömmlichen Systemen eine der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge entsprechende geeignete Kraftstoffmenge aus dem Einspritzer eingespritzt werden, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und zum Erhalt eines vorbestimmten Luft-/Kraftstoff-Ausgangsverhältnisses in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand zu diesem Zeitpunkt entspricht.

[0096] Dann kann während hoher Motordrehzahlen mit hoher Last ein hoher mittlerer effektiver Druck durch die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung erhalten werden, um die erforderliche Motorleistung sicherzustellen, und die Motorleistung kann verbessert werden.

[0097] Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung geöffnet, so daß der Niederdruckkraftstoff, der von der Niederdruckpumpe zugeführt worden ist, um durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert zu werden, direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zur Zuführung zum Einspritzer zugeführt wird. Dann wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, die Einspritzimpulsdauer, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoff vorgegeben.

[0098] Daher wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer so vorgegeben, daß die vorbestimmte Kraftstoffeinspritzmenge erhalten wird, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit dem

Druck des Niederdruckkraftstoffs geeignet ist, und selbst wenn in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem ein Fehler vorliegt, kann die Einspritzventilöffnungszeitdauer des Einspritzers durch die Einspritzimpulsdauer so gesteuert werden, daß sie mit der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge übereinstimmt, so daß die Differenz zwischen der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge und der aus dem Einspritzer tatsächlich eingespritzten Kraftstoffeinspritzmenge verringert werden kann, um eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu unterbinden.

[0099] Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, werden der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Zündzeitpunkt, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, um die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auf der Basis der frühen Einspritzung ungeachtet der Wahl des Verbrennungssystems auszuführen.

[0100] Wenn also das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, kann auch dann, wenn der Niederdruckkraftstoff dem Einspritzer zugeführt wird, um aus dem Einspritzer eingespritzt zu werden, die Kraftstoffeinspritzung am Ende des Auslaßhubs oder bei dem Ansaughub ausgeführt werden, wobei die Differenz zwischen dem Druck des Niederdruckkraftstoffs und dem Zylinderdruck ausreichend sichergestellt ist, und die Kraftstoffeinspritzmenge kann durch die Einspritzventilöffnungsperiode des Einspritzers auf der Basis der Einspritzimpulsdauer präzise gemessen werden, so daß es möglich ist, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung mit größerer Sicherheit zu verhindern.

[0101] Selbst wenn also eine Störung in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem vorliegt, ist es möglich, die Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung sicher zu verhindern, und es ist möglich, einen Motorschaden durch die Verschlechterung des Verbrennungszustands des Motors zu verhindern, so daß der Motor weiter betrieben werden kann.

[0102] Da hierbei außerdem der Niederdruckkraftstoff von dem Niederdruck-Kraftstoffsystem zu dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt wird, kann die Last der Hochdruckpumpe infolge der Verdichtung des Kraftstoffs vermindert werden, und die Hochdruck-Reguliereinrichtung ist außer Betrieb. Selbst wenn also in der Hochdruckpumpe oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung eine Störung vorliegt, ist es möglich zu verhindern, daß das Ausmaß der Abnormalität der Hochdruckpumpe oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung größer wird, so daß ein großer Schaden usw. vermieden wird.

[0103] Wenn ferner als Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems eine fehlerhafte Einspritzventilöffnung in dem Einspritzer auftritt, wird der Nie-

derdruckkraftstoff dem Einspritzer zugeführt. Daher kann die Einspritzventilöffnungszeitdauer gegen den Kraftstoffdruck des Einspritzers verringert werden, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung in gewissem Umfang gewährleistet werden kann. Auch in diesem Fall ist es möglich zu verhindern, daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung schlechter wird.

[0104] Wenn ferner als Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt, wird der Niederdruckkraftstoff dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt, um den Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu verringern, so daß es möglich ist, zumindest zu verhindern, daß Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt.

[0105] Gemäß einem achten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein System zur Steuerung eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder angegeben, wobei ein Niederdruckkraftstoff, der von einer Niederdruckpumpe zugeführt wird, von einer Niederdruck-Reguliereinrichtung auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert wird, um einer Hochdruckpumpe zugeführt zu werden, wobei der Druck des Kraftstoffs von der Hochdruckpumpe erhöht und von einer elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung reguliert wird, um einem Einspritzer einen Hochdruckkraftstoff zuzuführen, und wobei während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten eine Schichtverbrennung, die auf einer späten Einspritzung basiert, gewählt wird, um auf der Basis des Betriebszustands des Motors eine Kraftstoffeinspritzmenge, einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und einen Zündzeitpunkt vorzugeben, die für die Schichtverbrennung geeignet sind, und während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten eine gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf einer frühen Einspritzung basiert, gewählt wird, um auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Kraftstoffeinspritzmenge, einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und einen Zündzeitpunkt vorzugeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, wobei die Kraftstoffeinspritzmenge von dem Einspritzer direkt in einen Zylinder eingespritzt wird, um den eingespritzten Kraftstoff durch eine Zündkerze zum Zündzeitpunkt zu zünden, um die Schichtverbrennung oder die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung zu erzielen, wobei das Steuerungssystem, wie das Blockdiagramm in Fig. 2(b) zeigt, folgendes aufweist: Diagnoseeinrichtungen zum Verbinden einer stromabwärtigen Seite der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung mit einem Niederdruck-Kraftstoffsystem und zum Überwachen von zumindest einem von dem Verhalten eines Kraftstoffdrucks eines Hochdruck-Kraftstoffsystems und der Beziehung zwischen einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und einer Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, wobei die Diagnoseeinrichtungen bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wenn

zumindest eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist;

Hochdruckreguliereinrichtungen-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer gesteuerten Variablen für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung, so daß ein vorbestimmter gesteuerter Kraftstoffdruck erhalten wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wobei die Hochdruckreguliereinrichtungen-Steuereinrichtungen so ausgebildet sind, daß sie die gesteuerte Variable so vorgeben, daß die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung vollständig geöffnet wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist;

Verbrennungssystem-Wähleinrichtungen, um auf der Basis des Motorbetriebszustands die Schichtverbrennung, die auf der späten Einspritzung während niedrigen Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten basiert, und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung während hohen Motordrehzahlen mit hohen Lasten basiert, zu wählen;

Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die eine für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck und zum Vorgeben eines Kraftstoffeinspritzzeitpunkts in einem Kompressionshub eines Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck eine Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt am Ende eines Auslaßhubs oder bei einem Ansaughub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, und die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs eine Einspritzimpulsdauer vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt vorgeben, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und

Zündzeitpunkt-Steuereinrichtungen, die auf der Basis des Motorbetriebszustands einen Zündzeitpunkt vorgeben, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist

und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und die auf der Basis des Motorbetriebszustands einen Zündzeitpunkt vorgeben, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0106] Dieses Steuerungssystem verwendet die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung als Hochdruck-Reguliereinrichtung, und die stromabwärtige Seite der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung ist mit dem Niederdruck-Kraftstoffsystem verbunden. Das Steuerungssystem überwacht zumindest eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer.

[0107] Wenn mindestens eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist. Auf der Basis des Motorbetriebszustands wird während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten die Schichtverbrennung gewählt, die auf der späten Einspritzung basiert, und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung basiert, wird während hoher Motordrehzahlen mit hoher Last gewählt.

[0108] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird die gesteuerte Variable für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung so vorgegeben, daß der vorbestimmte gesteuerte Kraftstoffdruck erhalten wird, und der Hochdruckkraftstoff, dessen Druck von der Hochdruckpumpe erhöht und von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, wird dem Einspritzer zugeführt.

[0109] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die die für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben.

[0110] Außerdem wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt bei dem Kompressionshub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben, und der Zündzeitpunkt, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, wird auf der Basis des Motorbetriebszu-

stands so vorgegeben, daß die Schichtverbrennung ausgeführt wird.

[0111] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben.

[0112] Außerdem wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt am Ende des Auslaßhubs oder bei einem Ansaughub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben, und der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Zündzeitpunkt wird vorgegeben, so daß die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung ausgeführt wird.

[0113] Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung vollständig geöffnet, so daß der von der Niederdruckpumpe zugeführte Niederdruckkraftstoff, der von der Niederdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert werden soll, dem Hochdruck-Kraftstoffsystem direkt zugeführt wird, um dem Einspritzer zugeführt zu werden. Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Einspritzimpulsdauer, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgegeben.

[0114] Dabei werden der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Zündzeitpunkt, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, so daß die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung basiert, ungeachtet der Wahl des Verbrennungssystems ausgeführt wird.

[0115] Bei diesem Steuerungssystem wird zumindest eines von dem Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems des Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder und der Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und der Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer überwacht. Wenn zumindest eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0116] Wenn also der Hochdruckkraftstoff abnormal ist, wenn beispielsweise die Hochdruckpumpe oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung, die das Hoch-

druck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist oder wenn aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem Kraftstoff austritt oder wenn der Einspritzer abnormal ist, ist es möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems exakt zu diagnostizieren.

[0117] Außerdem verwendet das Steuerungssystem die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung als Hochdruck-Reguliereinrichtung, und die stromabwärtige Seite der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung ist mit dem Niederdruck-Kraftstoffsystem verbunden. Ferner wird auf der Basis der Motorbetriebsbedingungen während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten die Schichtverbrennung, die auf der späten Einspritzung basiert, gewählt, und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung basiert, wird während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten gewählt.

[0118] Dann werden die Diagnoseergebnisse für das Hochdruck-Kraftstoffsystem in die Kraftstoffeinspritzsteuerung eingebracht, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird die gesteuerte Variable für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung so vorgegeben, daß der vorbestimmte gesteuerte Kraftstoffdruck erhalten wird, und der Hochdruckkraftstoff, dessen Druck durch die Hochdruckpumpe erhöht und durch die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, wird dem Einspritzer zugeführt.

[0119] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die die für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben.

[0120] Außerdem wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt bei dem Kompressionshub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben, und der Zündzeitpunkt, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, wird auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, so daß die Schichtverbrennung ausgeführt wird.

[0121] Es ist somit möglich, die Kompatibilität des Drucks des Hochdruckkraftstoffs, der dem Einspritzer zugeführt wird, mit der Einspritzimpulsdauer zu erhalten, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn der Motorbetriebszustand während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten vorliegt, kann ähnlich wie bei herkömmlichen Systemen eine geeignete Kraftstoffmenge von dem Einspritzer eingespritzt werden, die für die Schichtverbrennung geeignet ist und die eine vorbestimmte Ausgangs-

leistung in Abhängigkeit von der Motorbetriebsleistung zu diesem Zeitpunkt gewährleistet, so daß es möglich ist, den Kraftstoffverbrauch und den Abgasausstoß durch die Schichtverbrennung zu verbessern, wenn der Motorbetriebszustand während niedriger Motordrehzahlen mit niedriger Last vorliegt.

[0122] Wenn außerdem das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Einspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben.

[0123] Außerdem wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt zu Ende des Auslaßhubs oder bei dem Ansaughub des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben, und der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Zündzeitpunkt wird vorgegeben, so daß die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung ausgeführt wird.

[0124] Es ist daher möglich, die Kompatibilität des Drucks des Hochdruckkraftstoffs, der dem Einspritzer zugeführt wird, mit der Einspritzimpulsdauer zu erhalten, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn der Motorbetriebszustand bei hohen Motordrehzahlen mit hohen Lasten ist, kann ähnlich wie bei herkömmlichen Systemen von dem Einspritzer eine geeignete Kraftstoffmenge eingespritzt werden, die der erforderlichen Einspritzmenge entspricht, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete ist und ein vorbestimmtes Ausgangs-Luft-/Kraftstoff-Verhältnis in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand zu diesem Zeitpunkt erzielt.

[0125] Dann kann während hoher Motordrehzahlen mit hoher Last ein hoher mittlerer effektiver Druck durch die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung erhalten werden, um die erforderlichen Motorausgangsleistung sicherzustellen, und die Motorausgangsleistung kann verbessert werden.

[0126] Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung vollständig geöffnet, so daß der von der Niederdruckpumpe zugeführte Niederdruckkraftstoff, der durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung auf den vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert wird, direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt wird, um dem Einspritzer zugeführt zu werden, und zwar unabhängig von dem Hochdruckkraftstoff.

[0127] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Einspritzimpulsdauer, die für die

gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgegeben.

[0128] Daher wird die Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer so vorgegeben, daß die vorbestimmte Einspritzmenge erhalten wird, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit dem Druck des Niederdruckkraftstoffs geeignet ist, und auch wenn in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem ein Fehler vorliegt, kann die Einspritzventilöffnungszeitdauer des Einspritzers durch die Einspritzimpulsdauer so gesteuert werden, daß sie mit der erforderlichen Einspritzmenge übereinstimmt, so daß die Differenz zwischen der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge und der aus dem Einspritzer tatsächlich eingespritzten Kraftstoffeinspritzmenge verringert werden kann, um dadurch eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu vermeiden.

[0129] Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, werden der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Zündzeitpunkt, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, auf der Basis der Motorbetriebsbedingung vorgegeben, so daß die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auf der Basis der frühen Einspritzung ungeachtet der Wahl des Verbrennungssystems durchgeführt wird.

[0130] Wenn daher das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, kann auch dann, wenn dem Einspritzer der Niederdruckkraftstoff zugeführt wird, um von dem Einspritzer eingespritzt zu werden, die Kraftstoffeinspritzung bei dem Auslaßhubende oder bei dem Ansaughub durchgeführt werden, wobei die Differenz zwischen dem Druck des Niederdruckkraftstoffs und dem Zylinderdruck hinreichend gewährleistet ist, und die Kraftstoffeinspritzmenge kann durch die Einspritzventilöffnungsperiode des Einspritzers auf der Basis der Einspritzimpulsdauer exakt gemessen werden, so daß es möglich ist, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung mit noch größerer Sicherheit zu verhindern.

[0131] Auch wenn also in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem ein Fehler vorliegt, ist es möglich, die Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung mit Sicherheit zu verhindern, und es ist möglich zu verhindern, daß der Motor durch die Verschlechterung des Verbrennungszustands des Motors Schaden leidet, so daß der Motor weiter betrieben werden kann.

[0132] Da ferner zu diesem Zeitpunkt der Niederdruckkraftstoff von dem Niederdruck-Kraftstoffsystem dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt wird, kann die Last der Hochdruckpumpe infolge der Verdichtung des Kraftstoffs verringert werden, und die

elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung ist im wesentlichen im Ruhezustand. Auch wenn also bei der Hochdruckpumpe oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung ein Fehler vorliegt, ist es möglich zu verhindern, daß das Maß der Abnormalität der Hochdruckpumpe oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung größer wird, so daß eine ernsthafte Schädigung usw. verhindert werden kann.

[0133] Wenn ferner als Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems eine fehlerhafte Einspritzventilöffnung in dem Einspritzer auftritt, wird dem Einspritzer der Niederdruckkraftstoff zugeführt. Daher kann die Einspritzventilöffnungslast gegen den Kraftstoffdruck des Einspritzers verringert werden, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung in gewissem Umfang gewährleistet werden kann. Auch in diesem Fall ist es möglich, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu unterbinden.

[0134] Wenn ferner als Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt, wird dem Hochdruck-Kraftstoffsystem der Niederdruckkraftstoff zugeführt, um den Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu verringern, so daß es möglich ist, den Austritt von Kraftstoff zumindest aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zu verhindern.

[0135] Da ferner die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung sowohl die Funktion der Hochdruck-Reguliereinrichtung als auch die Funktion der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung gemäß dem siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung hat, ist es möglich, die Hochdruck-Reguliereinrichtung und die Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung gemäß dem siebten Aspekt der Erfindung entfallen zu lassen. Es ist daher möglich, die Anzahl der Teile des Kraftstoffzuführsystems zu verringern und die Konstruktion des Kraftstoffzuführsystems gegenüber dem Steuerungssystem nach dem siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung zu vereinfachen.

[0136] Gemäß einem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das Steuerungssystem ferner folgendes aufweisen: eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern; und eine Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle, die eine Motordrehzahl und eine Motorlast als Parameter nutzt, um darin eine Einspritzimpulsdauer zu speichern, die dazu geeignet ist, eine erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten

Druck eines Niederdruckkraftstoffs geeignete ist; wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist; wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorgeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben; und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf der Basis der Motordrehzahl und der Motorlast Bezug nehmen, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0137] Um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben, weist dieses Steuerungssystem folgendes auf: die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern; und die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle, die die Motordrehzahl und die Motorlast als Parameter nutzt, um darin die Einspritzimpulsdauer zu speichern, die geeignet ist, um die erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs zu erhalten.

[0138] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird auf der Basis des Motorbetriebszustands die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgegeben, die für die Schichtverbrennung geeignete ist. Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist,

wird auf der Basis des Motorbetriebszustands die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgegeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist.

[0139] Dann wird auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge die Grund-Einspritzimpulsdauer vorgegeben, die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck genutzt wird und die die Grund-Ventilöffnungsperiode für den Einspritzer definiert, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0140] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben. Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, erfolgt die Bezugnahme auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf der Basis der Motordrehzahl und der Maschinenlast, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0141] Wie oben beschrieben, weist das Steuerungssystem folgendes auf:

die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern; und
die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle, die die Motordrehzahl und die Motorlast als Parameter nutzt, um darin eine Einspritzimpulsdauer zu speichern, die dazu geeignet ist, die erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs geeignet ist.

[0142] Um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben. Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben.

[0143] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer,

die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung oder die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck genutzt wird und die die Grund-Ventilöffnungsperiode für den Einspritzer definiert, auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgegeben, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0144] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben. Zusätzlich zu den Vorteilen, die mit dem siebten oder achten Aspekt der vorliegenden Erfindung erhalten werden, kann die Änderung der tatsächlichen Kraftstoffeinspritzmenge in bezug auf die erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems, d. h. dem tatsächlichen Kraftstoffdruck, der dem Einspritzer zugeführt wird, kompensiert werden, um die endgültige Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die die Einspritzventilöffnungsperiode für den Einspritzer definiert, weil die Grund-Einspritzimpulsdauer, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung oder die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben wurde, mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem, in dem der Hochdruckkraftstoff dem Einspritzer zugeführt wird, normal ist.

[0145] Daher kann in Abhängigkeit von dem Druck des dem Einspritzer tatsächlich zugeführten Hochdruckkraftstoffs eine geeignete Einspritzimpulsdauer zum Erhalt der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge vorgegeben werden. Infolgedessen kann eine geeignete Kraftstoffmenge, die der erforderlichen Kraftstoffmenge entspricht, die entweder für die Schichtverbrennung oder für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, von dem Einspritzer mit Sicherheit eingespritzt werden, so daß die Steuerungsgenauigkeit der Kraftstoffeinspritzung weiter verbessert werden kann.

[0146] Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem zur Zuführung des Niederdruckkraftstoffs des Niederdruck-Kraftstoffsystems direkt zum Einspritzer abnormal ist, erfolgt die Bezugnahme auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf der Basis der Motordrehzahl und der Motorlast, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben. Daher kann eine Einspritzimpulsdauer, die geeignet ist, um die erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit dem durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck des

Niederdruckkraftstoffs geeignet ist, genau vorgegeben werden.

[0147] Auch wenn also das Hochdruck-Kraftstoffsystem zur Zuführung des Niederdruckkraftstoffs direkt zum Einspritzer abnormal ist, kann die Differenz zwischen der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge und der tatsächlich aus dem Einspritzer eingespritzten Einspritzmenge mit Sicherheit verringert werden, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung verbessert werden kann.

[0148] Gemäß einem zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das Steuerungssystem ferner folgendes aufweisen:

eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern;

wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorgeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben;

wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen einen Abnormale-Periode-Korrekturfaktor für die Korrektur vorgeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck eines Niederdruckkraftstoffs zu erhöhen, wenn zumindest das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor und den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor korrigieren, um eine endgültige

Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0149] Dieses Steuerungssystem weist die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf, die den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern.

[0150] Um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die für die Schichtverbrennung geeignete Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben.

[0151] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer, die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung oder die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Druck genutzt wird und die die Grund-Ventilöffnungsperiode für den Einspritzer definiert, auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgegeben, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0152] Wenn ferner zumindest das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Erhöhung der Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoff vorgegeben. Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor und dem Abnormale-Periode-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0153] Wie oben beschrieben, weist dieses Steuerungssystem die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf, die den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern.

[0154] Um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben, wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die für

die Schichtverbrennung geeignete Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben.

[0155] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer, die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge bei dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung oder die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck genutzt wird und die die Grund-Ventilöffnungsperiode für den Einspritzer definiert, auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgegeben, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0156] Wenn ferner zumindest das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird der Abnormal-Periode-Korrekturfaktor für die Korrektur vorgegeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs zu erhöhen. Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor und dem Abnormal-Periode-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0157] Daher kann dann die Grund-Einspritzimpulsdauer, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben wurde, mit dem Abnormal-Periode-Korrekturfaktor in Abhängigkeit von dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs korrigiert und erhöht werden, so daß die Einspritzimpulsdauer im Vergleich mit dem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung auf einfache Weise in Abhängigkeit von dem Druck des Niederdruckkraftstoffs vorgegeben werden kann.

[0158] Somit kann die bei dem neunten Aspekt der Erfindung angewandte Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauer entfallen, so daß es möglich ist, die Mannstunden für die Dateneingabe für die Einspritzimpulsdauer, die in der Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle gespeichert sind, sowie die von der Tabelle genutzte Speicherkapazität zu verringern.

[0159] Da außerdem der Abnormal-Periode-Korrekturfaktor genutzt werden kann, können die Vorgaben

für die Einspritzimpulsdauer während des normalen und des abnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffsystems in gewissem Umfang generell genutzt werden, um die Steuerung zu vereinfachen, so daß die Mannstunden für die Dateneingabe gegenüber dem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung deutlich verringert werden können.

[0160] Gemäß einem elften Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das Steuerungssystem ferner folgendes aufweisen: eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die den von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck eines Niederdruckkraftstoffs und einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorgeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer definiert, und die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0161] Dieses Steuerungssystem weist die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf, die den von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs und den Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als Parameter nutzt, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern.

[0162] Um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben,

wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands gewählt.

[0163] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die die Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer definiert, auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgegeben, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben. Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

[0164] Wie oben beschrieben, weist dieses Steuerungssystem die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf, die den von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs und den Kraftstoffdruck in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als Parameter nutzt, um darin den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern.

[0165] Um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben, wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, die für die Schichtverbrennung geeignete Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, und wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben.

[0166] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten vorbestimmten gesteu-

erten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die die Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer definiert, auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgegeben, und die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle erfolgt auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben.

[0167] Dann wird die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben. Das heißt, der von der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle abgedeckte Kraftstoffdruckbereich wird auf den Druckbereich des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierten Niederdruckkraftstoffs ausgedehnt, ohne auf den Kraftstoffdruckbereich in dem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems begrenzt zu sein.

[0168] Auch wenn also der von der Niederdruck-Reguliereinrichtung regulierte Niederdruckkraftstoff dem Einspritzer zugeführt wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, kann die Grund-Einspritzimpulsdauer, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck vorgegeben wurde, durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor in Abhängigkeit von dem dem Einspritzer zugeführten tatsächlichen Kraftstoffdruck kompensiert werden, so daß der dem Einspritzer zugeführte Kraftstoffdruck mit der Einspritzimpulsdauer kompatibel sein kann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem, das den Hochdruckkraftstoff erhält, normal ist, oder auch, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem, das den Niederdruckkraftstoff erhält, abnormal ist.

[0169] Daher können die Vorgaben für die Einspritzimpulsdauer während normaler und abnormaler Zustände des Hochdruck-Kraftstoffsystems ganz allgemein verwendet werden, und das Steuerungssystem kann gegenüber dem zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung weiter vereinfacht werden.

[0170] Gemäß einem zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung können die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer vornehmen, die vorgegeben wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0171] Bei diesem Steuerungssystem wird, um die Einspritzimpulsdauer vorzugeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, die obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer vorgenommen, so daß die Motorausgangsleistung begrenzt wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0172] Da bei diesem Steuerungssystem die obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer vorgenommen

wird, um die Motorausgangsleistung in einem Fall zu begrenzen, in dem die Einspritzimpulsdauer vorgegeben wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, ist es möglich, zusätzlich zu den Vorteilen, die gemäß dem zweiten bis elften Aspekt der vorliegenden Erfindung erzielt werden, eine Zunahme der Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu verhindern, und es ist möglich, die Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung aufgrund der Sicherheitssteuerung mit Sicherheit zu verhindern, um eine Verschlechterung des Motorverbrennungszustands zu unterbinden.

[0173] Gemäß einem dreizehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung können bei dem System für die Diagnose eines Hochdruck-Kraftstoffsystems für einen Motor mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder oder dem System zur Steuerung eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder die Diagnoseeinrichtungen bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wenn mindestens eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems einen vorbestimmten Druck auch dann nicht erreicht, wenn eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Anlassen des Motors vergangen ist, daß der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems nach dem Anlassen des Motors nicht innerhalb eines normalen Kraftstoffdruckbereichs ist, und daß die Einspritzimpulsdauer fortfährt, einen vorbestimmten Wert für eine vorbestimmte Zeitdauer bei einem mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis zu überschreiten.

[0174] Wenn bei diesem Diagnose- oder Steuerungssystem mindestens eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems einen vorbestimmten Druck auch dann nicht erreicht, wenn die vorbestimmte Zeitdauer nach dem Anlassen des Motors vergangen ist, daß der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems nach dem Anlassen des Motors nicht innerhalb des normalen Kraftstoffdruckbereichs ist, und daß die Einspritzimpulsdauer fortfährt, einen vorbestimmten Wert für eine vorbestimmte Zeitdauer bei einem mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis zu überschreiten, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0175] Wenn, wie oben beschrieben, bei diesem Diagnose- oder Steuerungssystem mindestens eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems einen vorbestimmten Druck auch dann nicht erreicht, wenn die vorbestimmte Zeitdauer nach dem Anlassen des Motors vergangen ist, daß der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems nach dem Anlassen des Motors nicht innerhalb des normalen Kraftstoffdruckbereichs ist, und daß die Einspritzimpulsdauer fortfährt, einen vorbestimmten Wert für eine vorbestimmte Zeitdauer bei einem mageren Luft-/Kraftstoff-Verhält-

nis zu überschreiten, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0176] Zusätzlich zu den Vorteilen, die gemäß dem ersten bis zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung erzielt werden, ist es also dann, wenn der Hochdruckkraftstoff abnormal ist, z. B. wenn die Hochdruckpumpe, die Hochdruck-Reguliereinrichtung und/oder die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist oder wenn aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem Kraftstoff austritt oder wenn der Einspritzer abnormal ist, möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems frühzeitig zu diagnostizieren.

[0177] Wenn ferner die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems aufgrund der Kompatibilität des Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses mit der Einspritzimpulsdauer bestimmt wird, so wird die Einspritzimpulsdauer auf der Basis des mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses bestimmt. Wenn die Einspritzimpulsdauer, die die Kraftstoffeinspritzmenge definiert, einen vorbestimmten Wert überschreitet, der normalerweise nicht erhalten wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird bestimmt, daß der Hochdruck abnormal ist. Es ist somit möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems mit Sicherheit zu erkennen.

[0178] Wenn ferner die Kompatibilität des Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses mit der Einspritzimpulsdauer bestimmt wird, wird auch die fortgesetzte Periode des abnormalen Zustands der Kompatibilität bestimmt. Es ist somit möglich, eine Fehldiagnose infolge des abnormalen Ausgangswerts des Luft-/Kraftstoff-Sensors oder der abnormalen Einspritzimpulsdauer auf der Basis der Ansprechzeitverzögerung in der Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrektur, des Einflusses einer Störung oder dergleichen zu verhindern.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0179] Die Zeichnungen zeigen:

[0180] Fig. 1 ein Grundblockdiagramm der vorliegenden Erfindung;

[0181] Fig. 2 ein Grundblockdiagramm der vorliegenden Erfindung (als Fortsetzung von Fig. 1);

[0182] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm einer Zylinderbestimmungs-/Motordrehzahl-Berechnungsroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0183] Fig. 4 ein Ablaufdiagramm einer Hochdruck-Kraftstoffsystem-Diagnoseroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Er-

findung;

[0184] Fig. 5 ein Ablaufdiagramm einer Umgehungswählventil-Steueroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0185] Fig. 6 ein Ablaufdiagramm einer Verbrennungssystem-Wählroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0186] Fig. 7 ein Ablaufdiagramm einer Zündungssteueroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0187] Fig. 8 ein Ablaufdiagramm einer Kraftstoffeinspritz-Steueroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0188] Fig. 9 ein Ablaufdiagramm einer $\theta 1$ -Kurbelwinkelimpuls-Unterbrechungsroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0189] Fig. 10 ein Ablaufdiagramm einer $\theta 2$ -Kurbelwinkelimpuls-Unterbrechungsroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0190] Fig. 11 ein Ablaufdiagramm einer IJST-Unterbrechungsroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0191] Fig. 12 ein Ablaufdiagramm einer TDWL-Unterbrechungsroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0192] Fig. 13 ein Ablaufdiagramm einer TADV-Unterbrechungsroutine in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0193] Fig. 14 ein Impulsdigramm, das die Beziehung zwischen Kurbelwellenimpulsen, Zylinderbestimmungsimpulsen, Zündsignalen während der Schichtverbrennung und Einspritzertreibersignalen in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0194] Fig. 15 ein Impulsdigramm, das die Beziehung zwischen Kurbelwellenimpulsen, Zylinderbestimmungsimpulsen, Zündsignalen während der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung und Einspritzertreibersignalen in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0195] Fig. 16 ein Impulsdigramm, das die Beziehung zwischen dem Druck eines Niederdruckkraftstoffs und einem Zylinderdruck in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0196] Fig. 17 ein Impulsdigramm, das das Verhalten des Kraftstoffdrucks in einem Hochdruck-Kraftstoffsystem in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0197] Fig. 18 eine erläuternde Zeichnung einer Bereichsbestimmungswerttabelle in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0198] Fig. 19 eine allgemeine schematische Ansicht eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0199] Fig. 20 ein schematisches Blockdiagramm eines Kraftstoffzuführsystems in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0200] Fig. 21 eine Vorderansicht eines Kurbelrotors und eines Kurbelwinkelsensors in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0201] Fig. 22 eine Vorderansicht eines Nockenrotors und eines Zylinderbestimmungssensors in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0202] Fig. 23 ein Schaltbild eines elektronischen Steuersystems in der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0203] Fig. 24 ein Ablaufdiagramm einer Kraftstoffeinspritz-Steueroutine in der zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0204] Fig. 25 ein Ablaufdiagramm einer Kraftstoffeinspritz-Steueroutine in der dritten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0205] Fig. 26 eine allgemeine schematische Ansicht eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder in der vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0206] Fig. 27 ein Schaltbild eines elektronischen Steuersystems in der vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0207] Fig. 28 ein Ablaufdiagramm einer elektronischen Hochdruckreguliereinrichtungs-Steueroutine in der vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0208] Unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen werden nachstehend die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung be-

schrieben. Die Fig. 3 bis 23 zeigen die erste bevorzugte Ausführungsform der Erfindung.

ERSTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0209] Unter Bezugnahme auf Fig. 19 wird zuerst der schematische Aufbau eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder beschrieben. In Fig. 19 bezeichnet 1 einen Viertakt-Vierzylinder-Boxermotor mit Direkteinspritzung im Zylinder (nachstehend einfach "Motor") für ein Kraftfahrzeug als ein Beispiel eines Motors mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder. Diese Motor 1 ist an der rechten und der linken Reihe eines Zylinderblocks 1a mit Zylinderköpfen 2 versehen. Jeder Zylinderkopf 2 ist mit einer Ansaugöffnung 2a und einer Auslaßöffnung 2b für jeden Zylinder ausgebildet.

[0210] Bei dem Ansaugsystem dieses Motors 1 steht jede Ansaugöffnung 2a mit einem Ansaugkrümmer 3 in Verbindung, der mit einer Drosselkammer 5 über eine Luftkammer 4 in Verbindung ist, in der Ansaugkanäle für die jeweiligen Zylinder angeordnet sind. Ein Luftfilter 7 ist stromaufwärts der Drosselkammer 5 über ein Ansaugrohr 6 angeordnet. Der Luftfilter 7 ist mit einer Luftansaugkammer 8 in Verbindung.

[0211] Die Drosselkammer 5 ist mit einer Drosselklappe 5a ausgestattet, die mit einem Gaspedal 9 zusammenwirkt. Mit dem Ansaugrohr 6 ist ein Umgehungs kanal 10 zur Umgehung der Drosselklappe 5a verbunden. In dem Umgehungs kanal 10 ist ein Leerlaufreguliertventil (ISC-Ventil) 11 vorgesehen. Das Leerlaufreguliertventil 11 ist so ausgebildet, daß es die Leerlaufdrehzahl des Motors 1 dadurch reguliert, daß die Umgehungs luftmenge, die durch den Umgehungs kanal 10 strömt, auf der Basis der Ventillage während des Leerlaufs reguliert wird.

[0212] In den Zylinderköpfen 2 sind für jeden Zylinder Einspritzer 13 vorgesehen, um Kraftstoff direkt in einen Brennraum (Zylinder) 12 einzuspritzen. Für jeden Zylinder der Zylinderköpfe 2 ist eine Zündkerze 13 vorgesehen, die an ihrem vorderen Ende eine Entladungselektrode hat, die zu dem Brennraum 12 exponiert ist. Die Zündkerze 13 ist über eine für jeden Zylinder vorgesehene Zündspule 15 mit einem Zünder 16 verbunden.

[0213] Als Abgassystem des Motors 1 ist eine Abgasleitung 18 mit einer Baugruppe von Auslaßkrümmern 17 in Verbindung, die mit jeder der Auslaßöffnungen 2b der Zylinderköpfe 2 verbunden sind. Ein Katalysator 19 ist in der Abgasleitung 18 vorgesehen, um mit einem Auspufftopf 20 verbunden zu werden.

[0214] Unter Bezugnahme auf die Fig. 19 und 20 wird nachstehend der Aufbau eines Kraftstoffzuführsystems des Motors 1 beschrieben. In den Fig. 19

und 20 bezeichnet 21 einen Kraftstoffkanal zur Zuführung eines Kraftstoffs aus einem Kraftstoffbehälter 22 zu jedem der Einspritzer 13. In dem Kraftstoffkanal 21 sind von der stromaufwärtigen Seite ausgehend nacheinander folgende Komponenten angeordnet: ein Kraftstoff-Filter 23, eine elektrische Zuführungspumpe 24, die als Beispiel einer Niederdruckpumpe dient, eine Hochdruckpumpe einer Motorantriebskolbenpumpe oder dergleichen zum Erhöhen des Drucks des von der Zuführungspumpe 24 zugeführten Kraftstoffs auf einen vorbestimmten hohen Druck, eine Verteilerleitung 26, die mit jedem der Einspritzer 13 in Verbindung steht und daran angeschlossen ist, und eine Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 einer wohlbekannten mechanischen Druckreguliereinrichtung zum Regulieren des den Einspritzern 13 zugeführten Kraftstoffs auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck (z. B. PfB = 7 MPa).

[0215] Ein Niederdruck-Kraftstoffkanal 21a für den Transport des Kraftstoffs von dem Kraftstoffbehälter 22 mittels der Zuführungspumpe 24 ist stromaufwärtig von der Hochdruckpumpe 25 in dem Kraftstoffkanal 21 ausgebildet. Ein Hochdruck-Kraftstoffkanal 21b zum Erhöhen des Drucks des von dem Niederdruck-Kraftstoffkanal 21a zugeführten Kraftstoffs, um den jeweiligen Einspritzern 13 einen vorbestimmten Hochdruckkraftstoff zuzuführen, ist zwischen der Hochdruckpumpe 25 und der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 ausgebildet.

[0216] Der Niederdruck-Kraftstoffkanal 21a stromabwärts von der Zuführungspumpe 24 ist mit dem Kraftstoffbehälter 22 über einen Kraftstoffrücklaufkanal 21c verbunden. In dem Kraftstoffrücklaufkanal 21c ist eine Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 als Druckreguliereinrichtung vom Membrantyp oder dergleichen vorgesehen, um den Kraftstoffdruck in dem Niederdruck-Kraftstoffkanal 21a auf einen vorbestimmten Druck (z. B. 0,2 MPa) zu regulieren.

[0217] Als Niederdruck-Kraftstoffsystem ist die stromabwärtige Seite der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 mit dem Kraftstoffrücklaufkanal 21c zwischen dem Niederdruck-Kraftstoffkanal 21a stromabwärts von der Zuführungspumpe 24 und der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 verbunden. Es ist somit möglich, durch Rückführung von Überschußkraftstoff von der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 zu dem Niederdruck-Kraftstoffkanal 21a eine Zuführungspumpe 24 mit geringer Kapazität zu verwenden.

[0218] Andererseits ist ein Kraftstoffumgehungs kanal 21d zum Umgehen der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27, um die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem herzustellen, mit dem Hochdruck-Kraftstoffkanal 21b zwischen der Verteilerleitung 26 und der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 verbunden

und daran angeschlossen.

[0219] Der Kraftstoff-Umgehungskanal **21d** ist ferner mit dem Kraftstoffrücklaufkanal **21c** stromaufwärts von der Niederdruck-Reguliereinrichtung **28** in Verbindung und daran angeschlossen. In dem Kraftstoffumgehungskanal **21d** ist ein Umgehungswählventil **29** als elektromagnetisches Wählventil als Beispiel für eine Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung vorgesehen.

[0220] In einem Spülkanal **21e** zum Herstellen der Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffkanal **21b**, der zwischen der Verteilerleitung **26** und der Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** vorgesehen ist, und dem Kraftstoffrücklaufkanal **21c**, der stromabwärts von der Niederdruck-Reguliereinrichtung **28** vorgesehen ist, ist ein Kraftstoffverdunstungsventil **30** eines elektromagnetischen Wählventils vorgesehen.

[0221] Sensoren usw. zum Detektieren des Motorbetriebszustands werden nachstehend beschrieben.

[0222] Ein Gaspedalpositionssensor **31** eines Potentiometers oder dergleichen ist an dem Abstützbereich des Gaspedals **9** vorgesehen, um den Grad der Bewegung (die Gaspedalposition) des Gaspedals **9** zu detektieren, die eine erforderliche Last als Beispiel einer Motorlast bezeichnet.

[0223] Ein Klopfsensor **32** ist an dem Zylinderblock **1a** des Motors **1** angebracht, und ein Kühlwassertempersensor **34** ist einer Kühlwasserleitung **33** zugewandt, die mit der rechten und der linken Reihe des Zylinderblocks **1a** in Verbindung ist. Ein Kraftstoffdrucksensor **35** ist an der Verteilerleitung **26** vorgesehen, um einen Kraftstoffdruck P_f in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem, das die Einspritzer **13** speist, zu detektieren.

[0224] Stromaufwärts von dem Katalysator **19** ist ein linearer O_2 -Sensor **36** als Beispiel eines Luft-/Kraftstoff-Verhältnissensors zum Detektieren eines Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses vorgesehen. Wie wohl bekannt ist, hat der lineare O_2 -Sensor **36** eine lineare Ausgangscharakteristik in bezug auf ein Luft-/Kraftstoff-Verhältnis, so daß es möglich ist, das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis direkt auf der Basis des Ausgangswerts des linearen O_2 -Sensors zu detektieren.

[0225] Ein Kurbelwinkelsensor **39** als elektromagnetischer Aufnehmer oder dergleichen ist so angeordnet, daß er dem Außenumfang eines Kurbelrotors **38** zugewandt ist, der an einer Kurbelwelle **37** des Motors **1** schwenkbar angebracht ist. Ein Zylinderbestimmungssensor **42** als elektromagnetischer Aufnehmer oder dergleichen ist so vorgesehen, daß er einem Nockenrotor **41** zugewandt ist, der an einer

Nockenwelle **40** vorgesehen ist, die sich in bezug auf die Kurbelwelle **37** um $1/2$ Umdrehung dreht.

[0226] Wie Fig. 21 zeigt, ist der Kurbelrotor **38** mit Vorsprüngen **38a**, **38b** und **38c** an seinem Außenumfang ausgebildet. Diese Vorsprünge **38a**, **38b** und **38c** sind bei Kurbelwinkeln θ_1 , θ_2 und θ_3 vor den oberen Kompressionstoppunkten (BTDC) für jeden Zylinder (Zylinder #1, #2 und Zylinder #3, #4) positioniert, wobei nachstehend CA für Kurbelwinkel steht. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist $\theta_1 = 97^\circ$ CA, $\theta_2 = 65^\circ$ CA und $\theta_3 = 10^\circ$ CA.

[0227] Wie Fig. 22 zeigt, ist der Nockenrotor **38** mit Zylinderbestimmungsvorsprüngen **41a**, **41b** und **41c** an seinem Außenumfang versehen. Der Vorsprung **41a** ist unter einem Kurbelwinkel θ_4 nach dem oberen Totpunkt (ATDC) der Zylinder #3 und #4 positioniert. Der Vorsprung **41b** weist drei Vorsprünge auf, und der erste Vorsprung ist unter einem Kurbelwinkel ATDC θ_5 des Zylinders #1 positioniert. Der Vorsprung **41c** weist zwei Vorsprünge auf, und der erste Vorsprung ist unter einem Kurbelwinkel ATDC θ_6 des Zylinders #2 positioniert. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist $\theta_4 = 20^\circ$ CA, $\theta_5 = 5^\circ$ CA und $\theta_6 = 20^\circ$ CA.

[0228] In Abhängigkeit von dem Motorbetrieb drehen sich der Kurbelrotor **38** und der Nockenrotor **41** mit der Kurbelwelle **37** und der Nockenwelle **40**. Die jeweiligen Vorsprünge **38a**, **38b** und **38c** des Kurbelrotors **38** werden von dem Kurbelwinkelsensor **39** detektiert. Wie die Impulsdiagramme der Fig. 14 und 15 zeigen, gibt der Kurbelwinkelsensor **39** bei jeder $1/2$ Rotation des Motors (180° CA) Kurbelimpulse θ_1 , θ_2 und θ_3 (BTDC 97° , 65° , 10° CA) aus.

[0229] Andererseits werden die Vorsprünge des Nockenrotors **41** von dem Zylinderbestimmungssensor **42** zwischen den Kurbelimpulsen θ_3 und θ_1 detektiert, und eine vorbestimmte Anzahl von Zylinderbestimmungsimpulsen wird von dem Zylinderbestimmungssensor **42** ausgegeben.

[0230] Wie noch beschrieben wird, berechnet eine elektronische Steuereinheit **50** (siehe Fig. 23) eine Motordrehzahl NE auf der Basis eines Eingangsintervalls zwischen den von dem Kurbelwinkelsensor **39** ausgegebenen jeweiligen Kurbelimpulsen. Die elektronische Steuereinheit **50** bestimmt auch die Zylinder, wie etwa einen Zylinder, in den eine Einspritzung erfolgen soll, und einen Zylinder, der gezündet werden soll, auf der Basis eines Musters der Arbeitshubsequenz der jeweiligen Zylinder (Zylinder #1 → Zylinder #2 → Zylinder #3 → Zylinder #4 bei dieser bevorzugten Ausführungsform) und auf der Basis der Werte, die durch Zählen der von dem Zylinderbestimmungssensor **42** ausgegebenen Zylinderbestimmungsimpulse mittels eines Zählers erhalten werden.

[0231] Die elektronische Steuereinheit bzw. ECU 50, die in Fig. 23 gezeigt ist, berechnet die gesteuerten Variablen der Einspritzer 13, der Zündkerzen 14 und des ISC-Ventils 11 und führt verschiedene Steuervorgänge der Ausgaben von Steuersignalen aus, d. h. der Motorsteuervorgänge, wie etwa der Kraftstoffeinspritzsteuerung, der Zündzeitpunktsteuerung und der Leerlaufdrehzahlsteuerung, der Betriebssteuerung der Zuführungspumpe 24, der Öffnen-/Schließen-Steuerung des Umgehungswählventils 29 und der Öffnen-/Schließen-Steuerung des Kraftstoffverdunstungsventils 30.

[0232] Die ECU 50 weist im allgemeinen einen Mikrocomputer auf, in dem eine CPU 51, ein ROM 52, ein RAM 53, ein Sicherungs-RAM 54, eine Zähler-/Taktgebergruppe 55 und eine Eingabe/Ausgabe bzw. E/A-Schnittstelle 56 miteinander über Busleitungen verbunden sind. Die ECU 50 hat darin integriert verschiedene periphere Einrichtungen, wie etwa eine Konstantspannungsschaltung 57 zur Zuführung von stabilisierten Speisespannungen zu den jeweiligen Teilen, und eine Treiberschaltung 58 sowie einen A/D-Wandler 59, die mit der E/A-Schnittstelle 56 verbunden sind.

[0233] Die Zähler-/Taktgebergruppe ist ein Oberbegriff für verschiedene Zähler, wie etwa Freilaufzähler und einen Zähler zum Zählen der Eingänge von Zylinderbestimmungssensorsignalen (Zylinderbestimmungsimpulsen), sowie verschiedene Taktgeber, wie etwa einen Taktgeber für die Kraftstoffeinspritzung, einen Taktgeber für die Zündung, einen Taktgeber für das Eingangsintervall von Kurbelwinkelsensorsignalen (Kurbelimpulsen) und einen Überwachungszähler für die Überwachung der Abnormalität des Systems. Außerdem werden verschiedene Softwarezähler/-taktgeber verwendet.

[0234] Die Konstantspannungsschaltung 57 ist mit einer Batterie 61 über einen ersten Relaiskontakt eines Energieversorgungsrelais 60 verbunden, das zwei Relaiskontakte von zwei Schaltkreisen hat. Die Relaiswicklung des Energieversorgungsrelais 60 ist mit der Batterie 61 über einen Zündschalter 62 verbunden. Die Konstantspannungsschaltung 57 ist ferner direkt mit der Batterie 61 verbunden, so daß den jeweiligen Teilen der ECU 50 Energie zugeführt wird, wenn der Zündschalter 62 eingeschaltet wird, um den Kontakt des Energieversorgungsrelais 60 zu schließen, und um dem Sicherheits-RAM 54 ungeachtet des Ein- und Ausschaltens des Zündschalters 62 ständig Reserveenergie zuzuführen.

[0235] Außerdem ist die Batterie mit der Zuführungspumpe 24 über den Relaiskontakt eines Zuführungspumpenrelais 63 verbunden. Ein zweiter Relaiskontakt des Energieversorgungsrelais 60 ist mit einer Versorgungsleitung für die Zuführung von Energie von der Batterie 61 zu jeweiligen Betätigungsein-

heiten verbunden.

[0236] Der Eingangsport der E/A-Schnittstelle 56 ist mit dem Klopfsensor 32, dem Kurbelwinkelsensor 39, dem Zylinderbestimmungssensor 42, einem Geschwindigkeitssensor 43 zum Detektieren einer Fahrzeuggeschwindigkeit und einem Starterschalter 44 zum Detektieren des Motorstartzustands verbunden. Der Eingangsport der E/A-Schnittstelle 56 ist ferner über den A/D-Wandler 59 mit dem Gasedallagesensor 31, dem Kühlwassertempersensur 34, dem Kraftstoffdrucksensor 35 und dem linearen O₂-Sensor 36 verbunden. Außerdem wird dem Eingangsport der E/A-Schnittstelle 56 eine Batteriespannung VB zur Überwachung zugeführt.

[0237] Andererseits ist der Ausgangsport der E/A-Schnittstelle 56 über die Treiberschaltung 58 mit dem ISC-Ventil 11, den Einspritzern 13, dem Umgehungswählventil 29, dem Gasverdunstungsventil 30, einer an einem Instrumentenfeld (nicht gezeigt) vorgesehenen Warnleuchte 45 für die zentrale Anzeige verschiedener Warnsignale und der Relaiswicklung des Zuführungspumpenrelais verbunden. Der Ausgangsport der E/A-Schnittstelle 56 ist ferner mit der Zündeinrichtung 16 verbunden.

[0238] Die E/A-Schnittstelle 56 ist außerdem mit einem Verbinder 65 für den externen Anschluß verbunden. Wenn ein serieller Monitor (eine tragbare Fehlerdiagnosevorrichtung) 70 mit dem Verbinder 65 für den externen Anschluß verbunden ist, kann der serielle Monitor 70 die Eingangs-/Ausgangsdaten der ECU 50 sowie Störungsdaten lesen, die Fehlerstellen und -inhalte bezeichnen, die ein Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG (das noch beschrieben wird) aufweisen, das die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems bezeichnet, die durch die Selbstdiagnosefunktion der ECU 50 in dem Sicherheits-RAM 54 gespeichert ist, um das Hochdruck-Kraftstoffsystem zu diagnostizieren. Außerdem kann der serielle Monitor 70 die Anfangseinstellung (Aufhebung) der Störungsdaten ausführen.

[0239] Die Diagnose und die Anfangseinstellung von Störungsdaten, die von dem seriellen Monitor 70 ausgeführt wird, ist im einzelnen in der eigenen JP-Patentveröffentlichung 7-76 730 beschrieben.

[0240] Die CPU 51 verarbeitet die von Sensorschaltern über die E/A-Schnittstelle 56 eingegebenen Detektiersignale und die über die E/A-Schnittstelle 56 eingeführte Batteriespannung entsprechend einem in dem ROM 52 gespeicherten Steuerprogramm und berechnet die Kraftstoffeinspritzmenge, den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt, den Zündzeitpunkt, die relative Einschaltdauer eines Treibersignals zu dem ISC-Ventil 11 auf der Basis von verschiedenen Daten, die in dem ROM 53 gespeichert sind, verschiedenen Lernwertdaten, die in dem Sicherheits-RAM

54 gespeichert sind, und Festdaten, die in dem ROM 52 gespeichert sind, um Motorsteuervorgänge, wie etwa die Kraftstoffeinspritzsteuerung, die Zündzeitpunktsteuerung und die Leerlaufdrehzahlsteuerung sowie verschiedene Steuervorgänge, wie etwa die Betriebssteuerung der Zuführungspumpe 24, die Öffnen-/Schließen-Steuerung des Umgehungswählventils 29 und die Öffnen-/Schließen-Steuerung des Kraftstoffverdunstungsventils 30 auszuführen.

[0241] Bei einem solchen Steuerungssystem überwacht die ECU 50 auch das Verhalten des Kraftstoffdrucks Pf in dem Hochdruck-Kraftstoffsystem, das von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektiert wird, sowie die Beziehung zwischen dem von dem linearen O₂-Sensor 36 detektierten Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F und der Einspritzimpulsdauer Ti, die die Einspritzventilöffnungsperiode des Einspritzers 13 definiert.

[0242] Wenn zumindest eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks Pf abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F mit der Einspritzimpulsdauer inkompatibel ist, bestimmt die ECU 50 die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems, um die Warnleuchte 45 einzuschalten und die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu melden und ein Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG an eine vorbestimmte Adresse des Sicherheits-RAM 54 zu setzen, das die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems bezeichnet.

[0243] Wenn also die Hochdruckpumpe 25 oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist oder wenn aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem Kraftstoff austritt, kann der Kraftstoffdruck Pf des den Einspritzern 13 zugeführten Hochdruckkraftstoffs nicht auf einem vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck gehalten werden, so daß das Verhalten des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems abnormal ist.

[0244] Wenn ferner die Einspritzer 13 infolge einer fehlerhaften Einspritzventilöffnung oder dergleichen abnormal sind, ist es nicht möglich, eine gewünschte Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, so daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F mit der Einspritzimpulsdauer Ti, die die Einspritzventilöffnungsperiode der Einspritzer 13 definiert, inkompatibel ist.

[0245] Es ist daher möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems genau zu diagnostizieren, indem das Verhalten des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems und die Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F und der Einspritzimpulsdauer Ti, die die Einspritzventilöffnungsperiode der Einspritzer 13 definiert, bestimmt wird.

[0246] Wenn dabei die Diagnose des Hochdruck-Kraftstoffsystems durchgeführt wird, bestimmt die ECU 50 die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems, wenn zumindest eine von den Bedingungen erfüllt ist, daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems auch dann einen vorbestimmten Druck nicht erreicht, wenn eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Starten des Motors abgelaufen ist, daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems nicht innerhalb des normalen Kraftstoffdruckbereichs ist, nachdem der Motor gestartet wurde, und daß die Einspritzimpulsdauer Ti fortfährt, einen vorbestimmten Wert während einer vorbestimmten Zeitdauer bei magerem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis zu überschreiten.

[0247] Außerdem werden die Diagnoseergebnisse des Hochdruck-Kraftstoffsystems in die Kraftstoffeinspritzsteuerung eingegeben, um eine ausfallsichere Steuerung auszuführen. Das heißt, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, ist das Umgehungswählventil 29 geschlossen, um zu verhindern, daß Kraftstoff aus dem Kraftstoffumgehungskanal 21d austritt, um den Einspritzern 13 einen Hochdruckkraftstoff zuzuführen, dessen Druck von der Hochdruckpumpe 25 erhöht wird, um durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert zu werden.

[0248] Wenn dabei die Einspritzimpulsdauer Ti, welche die Kraftstoffeinspritzmenge für die Einspritzer 13 definiert, auf der Basis der Motorbetriebsbedingungen in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 definierten gesteuerten Kraftstoffdruck PfB vorgegeben wird, ist es möglich, ähnlich wie bei herkömmlichen Systemen eine Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, die einer erforderlichen Einspritzmenge entspricht.

[0249] Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird das Umgehungswählventil 29 geöffnet, um die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem durch den Kraftstoffumgehungskanal 21d herzustellen, der von der Zuführungspumpe 24 zugeführte Niederdruckkraftstoff, der durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert werden soll, wird dem Hochdruck-Kraftstoffsystem direkt zugeführt, um den Einspritzern 13 zugeführt zu werden.

[0250] Dann wird die Einspritzimpulsdauer Ti, welche die Kraftstoffeinspritzmenge für die Einspritzer 13 definiert, auf der Basis der Motorbetriebsbedingungen in Abhängigkeit von dem Druck des Niederdruckkraftstoffs, dessen Druck durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 reguliert wird, vorgegeben.

[0251] Wenn also infolge der Abnormalität der

Hochdruckpumpe 25 oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, oder infolge des Austretens von Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem oder wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems aufgrund der Abnormalität der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 abnormal erhöht wird, der Druck des Hochdruckkraftstoffs des Hochdruck-Kraftstoffsystems den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB nicht erreicht, wird das Umgehungswählventil 29 geschlossen, um den Niederdruckkraftstoff des Niederdruck-Kraftstoffsystems direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zuzuführen, um den Kraftstoff den Einspritzern 13 zuzuführen, und zwar unabhängig von dem Hochdruckkraftstoff von der Hochdruckpumpe 25 und der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27.

[0252] Da die Einspritzimpulsdauer Ti für die Einspritzer 13 so vorgegeben ist, daß eine vorbestimmte Kraftstoffeinspritzmenge unter dem Druck des Niederdruckkraftstoffs erhalten wird, auch wenn die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems auftritt, kann die Einspritzventil-Öffnungsperiode der Einspritzer 13 durch die Einspritzimpulsdauer Ti so gesteuert werden, daß sie mit einer erforderlichen Einspritzmenge übereinstimmt, so daß die Differenz zwischen der aus den Einspritzern 13 tatsächlich eingespritzten Kraftstoffeinspritzmenge und der erforderlichen Einspritzmenge verringert werden kann, um dadurch die Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu unterbinden.

[0253] Da also die Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung auch dann unterbunden wird, wenn die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems auftritt, ist es möglich, eine Schädigung des Motors durch die Verschlechterung des Verbrennungszustands im Motor zu verhindern und den Motor weiter zu betreiben.

[0254] Ferner wird zu diesem Zeitpunkt der Niederdruckkraftstoff von dem Niederdruck-Kraftstoffsystem dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt, so daß die Belastung der Hochdruckpumpe 25 aufgrund der Verdichtung des Kraftstoffs verringert wird, und die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 ist im unwirksamen Zustand. Auch wenn beispielsweise die Hochdruckpumpe 25 oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 abnormal ist, kann eine Zunahme des Ausmaßes der Abnormalität unterbunden werden, um eine schwere Schädigung des Motors zu verhindern.

[0255] Wenn außerdem eine fehlerhafte Einspritzventilöffnung in den Einspritzern 13 als die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems auftritt, wird den Einspritzern 13 der Niederdruckkraftstoff zugeführt, so daß die Öffnungslast des Einspritzventils gegen den Kraftstoffdruck der Einspritzer 13 verringert

wird. Es ist daher möglich, die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung in gewissem Umfang zu gewährleisten, so daß es auch möglich ist, in diesem Fall eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu unterbinden.

[0256] Wenn ferner die Abnormalität darin besteht, daß Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt, wird dem Hochdruck-Kraftstoffsystem der Niederdruckkraftstoff zugeführt, um den Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu verringern, so daß es möglich ist, den Austritt von Kraftstoff zumindest aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zu unterbinden.

[0257] Insbesondere diagnostiziert bei dieser bevorzugten Ausführungsform die ECU 50 die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems. Auf der Basis des Motorbetriebszustands wählt die ECU 50 die Schichtverbrennung, die auf der späten Einspritzung basiert, während niedriger Motordrehzahlen bei niedrigen Lasten und wählt die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung basiert, während hoher Motordrehzahlen bei hohen Lasten.

[0258] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, ist das Umgehungswählventil 29 geschlossen, um dem Einspritzer einen Hochdruckkraftstoff zuzuführen, dessen Druck von der Hochdruckpumpe 25 erhöht wurde, um durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung auf einen vorbestimmten gesteuerten Druck reguliert zu werden.

[0259] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer Ti, die für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge für die Einspritzer 13 definiert, auf der Basis der Motorbetriebsbedingungen so vorgegeben, daß sie mit dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 definierten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB übereinstimmt, und der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt wird in dem Verdichtungshub eines Zylinders, in den die Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben.

[0260] Ferner wird der für die Schichtverbrennung geeignete Zündzeitpunkt auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben. Während niedriger Motordrehzahlen bei niedrigen Lasten wird also die Schichtverbrennung ausgeführt, um den Abgasausstoß und den Kraftstoffverbrauch zu verbessern.

[0261] Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt wird, so wird die Einspritzimpulsdauer Ti, welche die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge für die Einspritzer 13 definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands so vorgegeben,

daß sie mit dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 definierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{FB} übereinstimmt, und der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt wird zum Ende des Auslaßhubs oder bei dem Ansaughub für einen Zylinder, in den die Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben.

[0262] Außerdem wird der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Zündzeitpunkt auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben. Während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten wird somit die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung ausgeführt, um die Motorleistung zu verbessern.

[0263] Wenn dagegen das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird das Umgehungswählventil 29 geöffnet, so daß der Niederdruckkraftstoff des Niederdruck-Kraftstoffsystems direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt wird, um den Einspritzern 13 zugeführt zu werden. Dann wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, die Einspritzimpulsdauer T_i , die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands so vorgegeben, daß sie mit dem Druck des Niederdruckkraftstoffs, der durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 reguliert wird, übereinstimmt.

[0264] Wenn dabei der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Zündzeitpunkt, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben sind, wird die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung basiert, ungeachtet des gewählten Verbrennungssystems ausgeführt.

[0265] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist und wenn der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt bei dem Kompressionshub so vorgegeben ist, daß er mit der Schichtverbrennung übereinstimmt, wie in Fig. 16 gezeigt ist, um den Niederdruckkraftstoff des Niederdruck-Kraftstoffsystems den Einspritzern 13 zuzuführen, um den Niederdruckkraftstoff in den Zylinder (in die Brennkammer 12) einzuspritzen, ist es nicht möglich, die Druckdifferenz zwischen dem Druck des von dem Einspritzer 13 eingespritzten Niederdruckkraftstoffs und dem Zylinderdruck ausreichend zu gewährleisten, und es ist nicht möglich, die Kraftstoffeinspritzmenge durch den Einspritzventil-Öffnungszeitpunkt des Einspritzers 13 auf der Basis der Einspritzimpulsdauer T_i exakt zu messen, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung verschlechtert wird.

[0266] Daher kann zu diesem Zeitpunkt die Kraftstoffeinspritzmenge durch die Einspritzventil-Öffnungsperiode des Einspritzers 13 auf der Basis der Einspritzimpulsdauer T_i genau gemessen werden, indem die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung

ausgeführt wird, wobei der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt am Ende des Auslaßhubs oder bei dem Ansaughub vorgegeben ist, wobei die Druckdifferenz zwischen dem Druck des Niederdruckkraftstoffs und dem Zylinderdruck hinreichend gewährleistet ist.

[0267] Das heißt, die ECU 50 kann die jeweiligen Funktionen von Diagnoseeinrichtungen, Öffnen-/Schließen-Ventilsteuerungseinrichtungen, Kraftstoffeinspritz-Steuerungseinrichtungen, Verbrennungssystem-Wähleinrichtungen und Zündzeitpunkt-Steuerungseinrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung ausüben.

[0268] Unter Bezugnahme auf die Ablaufdiagramme der Fig. 3 bis 13 wird ein Steuerungsablauf beschrieben, der von der ECU 50 gemäß der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird.

[0269] Zuerst wird der Zündschalter 62 eingeschaltet. Wenn der ECU 50 Energie zugeführt wird, dann wird das System initialisiert, und die jeweiligen Flags und Zähler werden initialisiert mit Ausnahme von Daten, wie etwa verschiedenen Lernwerten, die in dem Sicherheits-RAM 54 gespeichert sind.

[0270] Wenn die Systeminitialisierung der ECU 50 ausgeführt wird, gibt die ECU 50 ein Treibersignal an das Kraftstoffverdunstungsventil 30, um das Kraftstoffverdunstungsventil 30 zu öffnen, so daß der Hochdruck-Kraftstoffkanal 21b zwischen der Verteilerleitung 26 und der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 mit dem Kraftstoffrücklaufkanal 21c stromabwärts von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 über den Spülkanal 21e verbunden wird. Außerdem wird das Zuführungspumpenrelais 63 aktiviert, um die Zuführungspumpe 24 zu aktivieren und den Betrieb der Zuführungspumpe 24 zu starten.

[0271] Daher wird der Kraftstoff in dem Kraftstoffbehälter 22 der Zuführungspumpe 24 durch den Filter 23 zugeführt.

[0272] Wenn ferner die Systeminitialisierung der ECU 50 ausgeführt wird, wird das Umgehungswählventil 29 geschlossen, um die Verbindung zwischen dem Niederdruck-Kraftstoffsystem und dem Hochdruck-Kraftstoffsystem durch den Kraftstoffumgehungskanal 21d zu sperren. Ferner wird nach der Systeminitialisierung das Umgehungswählventil 29 geöffnet und geschlossen in Abhängigkeit von den Diagnoseergebnissen der Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems aus der Basis einer in Fig. 5 gezeigten Umgehungswählventil-Steueroutine, die noch beschrieben wird.

[0273] Der von der Zuführungspumpe 24 zugeführte Kraftstoff wird durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 reguliert, um der Hochdruckpumpe 25 zugeführt zu werden, und Überschußkraftstoff wird von

der Niederdruck-Reguliereinrichtung **28** zu dem Kraftstoffbehälter **22** durch die Kraftstoffrücklaufleitung **21c** rückgeführt.

[0274] Zu diesem Zeitpunkt ist der Motor **1** noch nicht angelassen, und die Hochdruckpumpe **25** ist angehalten. Die Hochdruckpumpe **25** weist die Motorantriebskolbenpumpe oder dergleichen wie oben beschrieben auf, und jede ihrer Einlaß- und Auslaßöffnungen hat ein Rückschlagventil (nicht gezeigt), durch das der Kraftstoff über die Hochdruckpumpe **25** in den Hochdruck-Kraftstoffkanal **21b** strömt.

[0275] Wenn das Kraftstoffverdunstungsventil **30** geöffnet ist, so daß der Hochdruck-Kraftstoffkanal **21b** zwischen der Verteilerleitung **26** und der Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** mit dem Kraftstoffrückführungskanal **21c** stromabwärts von der Niederdruck-Reguliereinrichtung **28** über den Spülkanal **21e** verbunden ist, wird der Kraftstoff von dem Hochdruck-Kraftstoffkanal **21b** durch den Spülkanal **21e** und den Kraftstoffrückleitungskanal **21c** zu dem Kraftstoffbehälter **22** zurückgeleitet.

[0276] Auch wenn also in dem Kraftstoffzuführsystem Gas erzeugt wird, wird das Gas in den Kraftstoffbehälter **22** abgegeben. Es ist somit möglich, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung infolge des Gases zu verhindern und für das Starten des Motors **1** bereit zu sein.

[0277] Wenn dann der Starterschalter **44** eingeschaltet wird, um den Motor **1** zu starten, schließt die ECU **50** das Kraftstoffverdunstungsventil **30** als Reaktion auf das Einschalten des Starterschalters **44** und sperrt anschließend die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Kraftstoffbehälter **22** durch den Spülkanal **21e**.

[0278] Dann wird die Hochdruckpumpe **25** durch das Starten des Motors **1** angetrieben, um den von der Zuführungspumpe **24** zugeführten Kraftstoff mit Druck zu beaufschlagen, und das Kraftstoffverdunstungsventil **30** wird geöffnet, so daß die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** den Druck des Kraftstoffs regulieren kann, damit ein durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** regulierter vorbestimmter Hochdruckkraftstoff dem Einspritzer **13** für jeden Zylinder durch die Verteilerleitung **26** zugeführt wird.

[0279] Wenn der Starterschalter **44** eingeschaltet wird, um den Motor **1** zu starten, wird außerdem eine in Fig. 3 gezeigte Zylinderbestimmungs-/Motordrehzahlberechnungsroutine jedesmal ausgeführt, wenn von dem Kurbelwinkelsensor **39** ein Kurbelimpuls eingegeben wird.

[0280] In dieser Zylinderbestimmungs-/Motordrehzahlberechnungsroutine wird, wenn der Kurbelrotor **39** in Abhängigkeit von dem Motorbetrieb rotiert, um

einen Kurbelimpuls von dem Kurbelwinkelsensor **39** einzugeben, zuerst auf der Basis des Eingangsmusters des Zylinderbestimmungsimpulses von dem Zylinderbestimmungssensor **42** in Schritt S1 bestimmt, welchem Kurbelwinkel θ_1 , θ_2 oder θ_3 der momentan eingegebene Kurbelimpuls entspricht.

[0281] Dann wird in Schritt S2 die Bestimmung eines Zylinders, etwa eines Zylinders, der gezündet werden soll, und eines Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, auf der Basis des Eingangsmusters des Kurbelimpulses und des Zylinderbestimmungsimpulses und auf der Basis der Arbeitshubsequenz der jeweiligen Zylinder (Zylinder #1 → Zylinder #3 → Zylinder #2 → Zylinder #4 bei dieser bevorzugten Ausführungsform) durchgeführt.

[0282] Wenn dabei, wie die Impulsdiagramme der Fig. 14 und 15 zeigen, beispielsweise ein Zylinderbestimmungsimpuls eingegeben wird, bevor der momentane Kurbelimpuls nach der Eingabe des letzten Kurbelimpulses eingegeben ist, kann bestimmt werden, daß der momentane Kurbelimpuls ein Kurbelimpuls θ_1 und der nächste eingegebene Kurbelimpuls ein Kurbelimpuls θ_2 ist.

[0283] Wenn außerdem zwischen der letzten und der momentanen Eingabe von Kurbelimpulsen kein Zylinderbestimmungsimpuls eingegeben wird und wenn zwischen dem Kurbelimpuls, der vor dem letzten eingegeben wurde, und dem letzten eingegebenen Kurbelimpuls ein Zylinderbestimmungsimpuls eingegeben wird, kann bestimmt werden, daß der momentane Kurbelimpuls der Kurbelimpuls θ_2 ist und der nächste eingegebene Kurbelimpuls ein Kurbelimpuls θ_3 ist.

[0284] Wenn zwischen der letzten und der momentanen Eingabe von Kurbelimpulsen sowie zwischen dem vor dem letzten eingegebenen Kurbelimpuls und dem letzten eingegebenen Kurbelimpuls kein Zylinderbestimmungsimpuls eingegeben wird, kann bestimmt werden, daß der momentan eingegebene Kurbelimpuls der Kurbelimpuls θ_3 ist und der nächste eingegebene Kurbelimpuls der Kurbelimpuls θ_1 ist.

[0285] Wenn ferner zwischen der Eingabe des letzten und des momentanen Kurbelimpulses drei Zylinderbestimmungsimpulse (ein Zylinderbestimmungsimpuls θ_5 entsprechend dem Vorsprung **41b**) eingegeben werden, ist der Zylinder #3 unter einem Kurbelwinkel des nächsten oberen Kompressionstotpunkts positioniert, und es kann bestimmt werden, daß der zu zündende Zylinder der Zylinder #3 ist.

[0286] Fig. 14 zeigt ein Impulsdiagramm während der Schichtverbrennung, und Fig. 15 zeigt ein Impulsdiagramm während der gleichmäßigen vorge-mischten Verbrennung. Bei der Schichtverbrennung gemäß Fig. 14 ist es notwendig, die Kraftstoffeinspritzung zu steuern.

spritzung in einen jeweiligen Zylinder in einem Kompressionshub auszuführen und die Kraftstoffeinspritzung unmittelbar vor der Zündung zu beenden.

[0287] Bei der in **Fig. 15** gezeigten gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung ist es möglich, die Kraftstoffeinspritzung in einen jeweiligen Zylinder am Ende eines Auslaßhubs oder beim Ansaughub auszuführen, weil die Zündung erfolgt, nachdem der eingespritzte Kraftstoff in der Brennkammer (im Zylinder) **12** hinreichend verteilt ist, um gleichmäßig mit Luft vermischt zu werden.

[0288] Da bei dieser bevorzugten Ausführungsform die Kraftstoffeinspritzung für den jeweiligen Zylinder in einer maximalen Position von BTDC 380° CA des entsprechenden Zylinders während der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung beginnt, ist es notwendig, einen Zylinder, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vor der Position BTDC 380° CA zu identifizieren. Daher wird ein Zylinder #i, in den eine Einspritzung erfolgen soll, auf der Basis der Zylinderbestimmungsergebnisse bestimmt, wenn der Kurbelimpuls **02** eingegeben wird, der bei einer Position von BTDC 425° CA für den entsprechenden Zylinder eingegeben wird, und auf der Basis der Arbeitshubsequenz der jeweiligen Zylinder (Zylinder #1 → Zylinder #3 → Zylinder #2 → Zylinder #4 bei dieser bevorzugten Ausführungsform) bestimmt.

[0289] Wenn also der momentan bestimmte Zylinder (ein Zylinder in einer Position des nächsten oberen Kompressionstotpunkts) der Zylinder #3 ist, wenn der Kurbelimpuls **02** eingegeben wird, wird bestimmt, daß der Zylinder #2 der Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn die Schichtverbrennung gewählt ist (siehe **Fig. 14**), und daß der Zylinder #4 ein Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist (siehe **Fig. 15**).

[0290] Wenn andererseits zwei Zylinderbestimmungsimpulse (Zylinderbestimmungsimpulse **06** entsprechend dem Vorsprung **41c**) zwischen der letzten und der aktuellen Eingabe von Kurbelimpulsen eingegeben werden, ist der Zylinder #4 an dem nächsten oberen Kompressionstotpunkt positioniert, so daß bestimmt werden kann, daß der zu zündende Zylinder der Zylinder #4 ist.

[0291] Wenn der bestimmte Zylinder der Zylinder #4 ist, wenn der Kurbelimpuls **02** eingegeben wird, so wird bestimmt, daß der Zylinder #1 der nächste Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und daß der Zylinder #3 der nächste Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist.

[0292] Wenn ferner ein Zylinderbestimmungsimpuls

(ein Kurbelimpuls **04**, der dem Vorsprung **41a** entspricht) zwischen der letzten und der aktuellen Eingabe von Kurbelimpulsen eingegeben wird und wenn der letzte bestimmte Zylinder in einer Position des oberen Kompressionstotpunkts der Zylinder #4 ist, kann bestimmt werden, daß der Zylinder #1 an dem nächsten oberen Kompressionstotpunkt positioniert ist und der Zylinder #1 der Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll.

[0293] Wenn der bestimmte Zylinder der Zylinder #1 ist, wenn der Kurbelimpuls **02** eingegeben wird, so wird bestimmt, daß der Zylinder #3 der nächste Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und daß der Zylinder #2 der nächste Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist.

[0294] Wenn ein Zylinderbestimmungsimpuls zwischen der letzten und der aktuellen Eingabe von Kurbelimpulsen eingegeben wird und wenn der letzte bestimmte Zylinder in einer Position des oberen Kompressionstotpunkts der Zylinder #3 ist, ist gleichermaßen der Zylinder #2 an dem nächsten oberen Kompressionstotpunkt positioniert, so daß bestimmt werden kann, daß der zu zündende Zylinder der Zylinder #2 ist.

[0295] Wenn der bestimmte Zylinder der Zylinder #2 ist, wenn der Kurbelimpuls **02** eingegeben wird, so wird bestimmt, daß der Zylinder #4 der nächste Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und daß der Zylinder #1 der nächste Zylinder #i ist, in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist.

[0296] Danach geht die Routine zum Schritt **S3**, in dem eine Zeitdauer zwischen der letzten und der aktuellen Eingabe von Kurbelimpulsen, d. h. ein Kurbelimpulseingabeintervall (ein Eingabeintervall **T012** zwischen dem **01**-Kurbelimpuls und dem **02**-Kurbelimpuls, ein Eingabeintervall **T023** zwischen dem Kurbelimpuls **02** und dem Kurbelimpuls **03**, oder ein Eingabeintervall **T031** zwischen dem Kurbelimpuls **03** und dem Kurbelimpuls **01**), das von einem Taktgeber für den Takt des Kurbelimpulseingabeintervalls getaktet wird, ausgelesen und ein Kurbelimpulseingabeintervall **T0** detektiert wird.

[0297] Dann geht die Routine zum Schritt **S4**, in dem ein Winkel zwischen Kurbelimpulsen, der dem aktuell bestimmten Kurbelimpuls entspricht, ausgelesen wird, und eine Motordrehzahl **NE** wird auf der Basis des Winkels zwischen Kurbelimpulsen und des Kurbelimpulseingabeintervalls **T0** berechnet, um in dem **RAM 53** an einer vorbestimmten Adresse gespeichert zu werden. Dann endet die Routine.

[0298] Es ist bekannt, daß die Winkel zwischen Kurbelimpulsen vorher als Festdaten in dem ROM 52 gespeichert werden. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist der Winkel 012 zwischen dem Kurbelimpuls 01 und dem Kurbelimpuls 02 32° CA, der Winkel 023 zwischen dem Kurbelimpuls 02 und dem Kurbelimpuls 03 ist 55° CA, und der Winkel 031 zwischen dem Kurbelimpuls 03 und dem Kurbelimpuls 01 ist 93° CA.

[0299] Nachdem die Systeminitialisierung ausgeführt ist, wird eine in Fig. 4 gezeigte Hochdruck-Kraftstoffsystemdiagnoseroutine bei jeder vorbestimmten Periode (z. B. alle 10 ms) ausgeführt, um die Fehlerdiagnose für das Hochdruck-Kraftstoffsystem durchzuführen. Dann wird in einer Umgehungswählventil-Steuerroutine, die in Fig. 5 gezeigt ist und zu jeder vorbestimmten Periode ausgeführt wird, in Abhängigkeit von den Diagnoseergebnissen für das Hochdruck-Kraftstoffsystem das Umgehungswählventil 29 geschlossen, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und geöffnet, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0300] Ferner wird in einer Verbrennungssystem-Wählroutine gemäß Fig. 6 die Motordrehzahl NE ausgelesen, die zur Wahl eines Verbrennungssystems genutzt werden soll. Dann werden in einer Zündungssteuerroutine gemäß Fig. 7 und einer Kraftstoffeinspritzsteuerroutine gemäß Fig. 8 die Motordrehzahl NE, die Diagnoseergebnisse für das Hochdruck-Kraftstoffsystem und die gewählten Ergebnisse für das Verbrennungssystem ausgelesen, um zur Bestimmung des Verbrennungssystems und zur Vorgabe des Zündzeitpunkts, der Einspritzimpulsdauer und des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts genutzt zu werden.

[0301] Nachstehend wird die Hochdruck-Kraftstoffsystemdiagnoseroutine gemäß Fig. 4 beschrieben. Zuerst wird in Schritt S11 eine Abwürgbestimmung mittels der Motordrehzahl NE durchgeführt.

[0302] Wenn bei dieser bevorzugten Ausführungsform mindestens eine von den folgenden Bedingungen erfüllt ist: (1) daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems auch nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer nach dem Starten des Motors einen vorbestimmten Druck nicht erreicht, (2) daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems nicht innerhalb des normalen Bereichs des Kraftstoffdrucks nach dem Starten des Motors ist, und (3) daß die Einspritzimpulsdauer Ti andauernd, einen vorbestimmten Wert für einen vorbestimmten Zeitraum bei magerem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis überschreitet, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist. Wenn außerdem sämtliche Bedingungen (1) bis (3) erfüllt sind, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist.

[0303] Bei NE = 0, d. h. wenn ein Abwürgen auftritt, ist die Hochdruckpumpe nicht in Betrieb, und die Kraftstoffeinspritzung wird nicht ausgeführt, so daß es nicht möglich ist, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu diagnostizieren. In diesem Fall geht die Routine somit von Schritt S11 zu Schritt S12, ohne das Hochdruck-Kraftstoffsystem zu diagnostizieren.

[0304] In den Schritten S12 bis S15 werden ein Anfangsdiagnoseende-Flag FAS, das am Ende der Abnormalitätsdiagnose des Hochdrucksystems aufgrund des Verhaltens des Kraftstoffdrucks unmittelbar nach dem Anfahren des Motors, d. h. der Anfangsdiagnose, gesetzt wird, ein Startschalter-EIN-Bestimmungs-Endeflag FINI, das gesetzt wird, wenn der Startschalter 44 eingeschaltet wird, ein Zeitzählwert CAS nach dem Starten des Motors zum Zählen der Zeitdauer nach dem Starten des Motors auf der Basis des Einschaltens des Startschalters 44, und ein Anfangsdiagnose-OK-Flag FOK, das gesetzt wird, wenn durch die Anfangsdiagnose unmittelbar nach dem Starten des Motors bestimmt wird, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, jeweils rückgesetzt (FAS ← 0, FINI ← 0, CAS ← 0, FOK ← 0).

[0305] Dann wird in Schritt S16 ein Fortgesetzte-Abnormalität-Zeitzählwert CNG zur Taktsteuerung der fortgesetzten Dauer, in der die Einspritzimpulsdauer Ti fortfährt, einen vorbestimmten Wert bei magerem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis zu überschreiten, zurückgesetzt (CNG ← 0), und die Routine endet, um für die Fehlerdiagnose des Hochdruck-Kraftstoffsystems bereit zu sein, die nach dem Starten des Motors ausgeführt wird.

[0306] Wenn dagegen in Schritt S11 bestimmt wird, daß NE ≠ 0, geht die Routine zu Schritt S17, in dem auf der Basis der Bezugnahme auf das Anfangsdiagnoseende-Flag FAS bestimmt wird, ob die Anfangsdiagnose auf der Basis des Verhaltens des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems unmittelbar nach dem Starten des Motors abgeschlossen ist.

[0307] Bei FAS = 0, d. h. wenn die Anfangsdiagnose nach dem Starten des Motors noch nicht abgeschlossen ist, geht die Routine zu Schritt S18. In den Schritten S18 bis S26 wird die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems aufgrund des oben beschriebenen Zustands (1) diagnostiziert durch Vergleichen des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems in einem vorbestimmten Zeitraum nach dem Starten des Motors mit einem vorbestimmten Wert.

[0308] In Schritt S18 erfolgt die Bezugnahme auf das Startschalter-EIN-Bestimmungs-Endeflag FINI. Bei FINI = 0, d. h. wenn das Einschalten des Startschalters 44 noch nicht bestimmt worden ist, geht die Routine zu Schritt S19, in dem bestimmt wird, ob der

Startschalter **44** eingeschaltet worden ist.

[0309] Wenn der Startschalter **44** AUS ist, d. h. bei $NE \neq 0$ und $FINI = 0$, und wenn der Startschalter **44** noch nicht eingeschaltet wurde, obwohl die Motordrehzahl erstmals detektiert worden ist, besteht keine Kompatibilität, so daß die Routine zu Schritt S12 geht. Nach den Schritten S12 bis S16 endet die Routine.

[0310] Wenn dagegen in Schritt S19 bestimmt wird, daß der Startschalter **44** EIN ist, wird das Startschalter-EIN-Bestimmungsende-Flag FINI in Schritt S20 gesetzt ($FINI \leftarrow 1$), und die Routine geht zu Schritt S21. Wenn das Startschalter-EIN-Bestimmungsende-Flag FINI gesetzt ist, wenn die nächste und die folgenden Routinen ausgeführt werden, bis die Anfangsdiagnose für das Hochdruck-Kraftstoffsystem endet, geht die Routine über die Schritte S11 und S17 zu Schritt S18, und dann springt die Routine von Schritt S18 zu Schritt S21.

[0311] In Schritt S21 wird der Zeitzählwert CAS nachdem Starten des Motors zur Zeitsteuerung der Dauer nach dem Starten des Motors auf der Basis des Einschaltens des Startschalters **44** aufwärtsgezählt ($CAS \leftarrow CAS + 1$). Anschließend wird in Schritt S22 der Zeitzählwert CAS nach dem Starten des Motors mit einem vorgegebenen Wert CS1 verglichen, um zu bestimmen, ob die Zeitdauer nach dem Starten des Motors eine vorbestimmte Zeit erreicht.

[0312] Der vorgegebene Wert CS1 wird vorher durch die nachfolgende Simulation oder experimentell abgeleitet. Die Hochdruckkraftstoffpumpe **25** wird durch den Betrieb des Motors **1** nach dem Starten des Motors angetrieben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist. Die Zeitdauer, bis der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB ($PFB = 7$ MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform) durch die Regulierungsfunktion der Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** erreicht, nachdem der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems durch Antreiben der Hochdruckkraftstoffpumpe **25** erhöht worden ist, wird abgeleitet. Dieser zeitliche Wert wird als der vorher vorgegebene Wert CS1 angenommen, der in dem ROM **52** mit Festdaten gespeichert ist.

[0313] Das heißt, der momentane Wert CS1 definiert die erwartete Zeitdauer, bis der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems ansteigt und den gesteuerten Kraftstoffdruck PFB erreicht, der durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** nach dem Starten des Motors definiert ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist der vorher eingestellte Wert CS1 mit einem Wert vorgegeben, der 2 bis 5 Sekunden entspricht.

[0314] Wenn dann $CAS < CS1$, d. h. wenn davon ausgegangen wird, daß die Zeitdauer nach dem Starten des Motors eine vorbestimmte Zeitdauer, die durch den vorher vorgegebenen Wert CS1 definiert ist, nicht erreicht hat und daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB auf der Basis der Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** nach dem Starten des Motors **1** durch das Einschalten des Startschalters **44** noch nicht erreicht hat, endet die Routine über Schritt S16.

[0315] Wenn andererseits $CAS \geq CS1$ in Schritt S22 und wenn die Zeitdauer nach dem Starten des Motors auf der Basis des Einschaltens des Startschalters **44** die vorbestimmte Zeit erreicht, d. h. wenn davon ausgegangen wird, daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems ansteigt und den durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB nach dem Starten des Motors **1** erreicht, geht die Routine zu Schritt S23, in dem das Anfangsdiagnoseende-Flag FAS gesetzt wird ($FAS \leftarrow 1$).

[0316] Dann wird in Schritt S24 der von dem Kraftstoffdrucksensor **35** detektierte Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems ausgelesen, um mit dem aktuellen Druck PFS verglichen zu werden, um zu prüfen, ob der tatsächliche Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems normal angestiegen ist.

[0317] Der voreingestellte Druck PFS1 ist geringfügig niedriger als der durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** regulierte gesteuerte Kraftstoffdruck PFB ($PFB = 7$ MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform), wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, oder als der gesteuerte Kraftstoffdruck PFB, der eine Toleranz hat, und ist vorher in dem ROM **52** als Festdaten gespeichert worden. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist der voreingestellte Druck PFS1 beispielsweise in dem Bereich von 6 bis 6,5 MPa vorgegeben.

[0318] Bei $Pf \geq PFS$, d. h. wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems den momentanen Druck PFS in einem vorbestimmten Zeitraum nach dem Starten des Motors **1** erreicht hat und wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems normal angestiegen ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und die Routine geht zu Schritt S25, in dem das Anfangsdiagnose-OK-Flag FOK, das durch die Anfangsdiagnose unmittelbar nach dem Starten des Motors anzeigt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, gesetzt wird ($FOK \leftarrow 1$). Dann endet die Routine über Schritt S16.

[0319] Wenn andererseits $Pf < PFS$ in Schritt S24 ist, d. h. wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems den voreingestellten Druck

PFS nicht erreicht hat, obwohl eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Starten des Motors abgelaufen ist, und wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems einen vorbestimmten Druck nicht erreicht hat, auf den der Kraftstoffdruck Pf ansteigen kann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, und die Routine geht zu Schritt S26.

[0320] In Schritt S26 wird das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG, das die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems bezeichnet und in dem Sicherheits-RAM 54 als Störungsinformation gespeichert ist, gesetzt (FHPNG ← 1), und die Warnleuchte 45 wird durch einen Blinkcode mit einer Blinkperiode ein- und ausgeschaltet, wobei die Blinkanzahl pro vorbestimmter Dauer oder die Kombination davon eine Information über die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems liefern. Dann endet die Routine über Schritt S16.

[0321] Wenn der Zündschalter 60 eingeschaltet wird, wird der Betrieb der Zuführungspumpe 24 gestartet, um den Kraftstoff durch die Hochdruckpumpe 25 dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zuzuführen. Wenn der Motor 1 dann durch Einschalten des Startschalters 44 gestartet wird, so wird die Hochdruckpumpe 25 angetrieben, so daß der von der Zuführungspumpe 24 zugeführte Kraftstoff durch die Hochdruckpumpe 25 mit Druck beaufschlagt wird, um ihn dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zuzuführen.

[0322] Wenn dann das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, steigt der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems normal durch Treiben der Hochdruckpumpe 25, wie die Vollenlinie von Fig. 17 zeigt, so daß er höher als der oder gleich dem aktuellen Druck PFS ist, bevor der vorbestimmte Zeitraum, der durch den voreingestellten Wert CS1 definiert ist, abgelaufen ist.

[0323] Wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems den durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PfB erreicht, wird der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems auf dem gesteuerten Kraftstoffdruck PfB durch die Druckregulierungsfunktion der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 gehalten.

[0324] Wenn dagegen in der Hochdruckpumpe 25, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bildet, eine Störung vorliegt oder wenn die Hochdruck-Reguliereinrichtung 28 unwirksam ist oder aus der Hochdruck-Reguliereinrichtung 28 Kraftstoff austritt oder aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem Kraftstoff austritt, wird der Druckanstieg des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems verzögert, wie die gestrichelte Linie in Fig. 17 zeigt, oder der Kraftstoff-

druck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems steigt nicht auf den regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PfB, und sein Druckanstieg wird in der Mitte unterbrochen.

[0325] Wenn also das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, erreicht der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems den voreingestellten Druck PFS nicht, und zwar auch dann nicht, wenn die vorbestimmte Zeitdauer, die durch den voreingestellten Wert CS1 definiert ist und in welcher der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems nach dem Starten des Motors ausreichend ansteigen kann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, abgelaufen ist.

[0326] Wenn also die Zeitdauer nach dem Starten des Motors und der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems bestimmt werden, kann die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems frühzeitig und genau diagnostiziert werden.

[0327] Nach Abschluß der Erstdiagnose unmittelbar nach dem Starten des Motors durch das Setzen des Erstdiagnose-Ende-Flags FAS geht die Routine von Schritt S17 zu Schritt S27. In den Schritten S27 und S28 wird der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems mit einem unteren Grenzwert PFL und einem oberen Grenzwert PFH verglichen, die einen zulässigen Bereich des Kraftstoffdrucks Pf definieren, um die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems auf der Basis der oben beschriebenen Bedingung (2) zu diagnostizieren.

[0328] Dabei wird die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems während des Motorbetriebs nach der Beendigung der Erstdiagnose diagnostiziert.

[0329] Nach dem Motorstart und nachdem der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems normal angestiegen ist, um den von der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PfB zu erreichen, fällt der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems abnormal ab, wie die Strichpunktlinie in Fig. 17 zeigt, wenn während des Motorbetriebs in der Hochdruckpumpe 25 oder der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, Fremdpartikel infolge des Einschlusses der Fremdstoffe in dem Kraftstoff erzeugt werden oder wenn die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 selber abnormal ist oder Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt.

[0330] Wenn ferner die Abnormalität der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 auftritt, ist es nicht möglich, den Druck des Kraftstoffs zu regulieren infolge des aus der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 austretenden Kraftstoffs, so daß der Kraftstoffdruck

Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems abnormal steigt, wie die Strichpunktlinie in **Fig. 17** zeigt.

[0331] Daher wird nach Beendigung der Erstdiagnose unmittelbar nach dem Starten des Motors der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems mit dem unteren Grenzwert PFL und dem oberen Grenzwert PFH, die den zulässigen Bereich definieren, verglichen, so daß es möglich ist, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems exakt zu diagnostizieren.

[0332] In Schritt S27 wird der aktuelle Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems, der von dem Kraftstoffdrucksensor **35** detektiert wird, ausgelesen, und der Kraftstoffdruck Pf wird mit dem unteren Grenzwert PFL (z. B. 4~5 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform) verglichen, der vorher so vorgegeben worden ist, daß er niedriger als der gesteuerte Kraftstoffdruck PfB ist und der nicht verfügbar ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist.

[0333] Dann wird in Schritt S28 der Kraftstoffdruck Pf mit dem oberen Grenzwert PFH (z. B. 9 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform) verglichen, der vorher so vorgegeben wurde, daß er höher als der gesteuerte Kraftstoffdruck PfB ist und der nicht verfügbar ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist.

[0334] Wenn $Pf < PFL$ oder $Pf > PFH$, d. h. wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems nicht in dem üblichen Kraftstoffdruckbereich nach dem Starten des Motors ist, geht die Routine von dem entsprechenden Schritt zu Schritt S26, in dem das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG gesetzt wird ($FHPNG \leftarrow 1$) und die Warnlampe **45** ein- und ausgeschaltet wird durch einen vorbestimmten Blinkcode, um die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu melden. Dann endete die Routine über Schritt S16.

[0335] Wenn dagegen in den Schritten S27 und S28 bestimmt wird, daß $PFL \leq Pf \leq PFH$, d. h. wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems in einem zulässigen Bereich ist, geht die Routine zu Schritt S29. In Schritt S29 und den folgenden Schritten wird die Kompatibilität des Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses A/F mit der Einspritzimpulsdauer Ti bestimmt, um die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems auf der Basis der oben beschriebenen Bedingung (3) zu diagnostizieren.

[0336] Wenn die Hochdruckpumpe **25** oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27**, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist oder wenn aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem Kraftstoff austritt, kann der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruckkraftstoffs, der dem Einspritzer **13** zugeführt wird,

nicht auf dem vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck gehalten werden. Wenn daher ein Treibersignal mit der gleichen Einspritzimpulsdauer Ti dem Einspritzer zugeführt wird, verringert sich die Kraftstoffeinspritzmenge um einen Abfall des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems, der dem Einspritzer **13** zugeführt wird.

[0337] Es ist allgemein bekannt, daß in die Kraftstoffeinspritzsteuerung die Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungssteuerung eingebaut ist, und wenn das tatsächliche Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F in Bezug auf das Soll-Luft-/Kraftstoff-Verhältnis infolge der Verringerung der Kraftstoffeinspritzmenge mager ist, wird die Einspritzimpulsdauer Ti vergrößert, um die Korrektur in Richtung einer Kraftstoffzunahme auszuführen.

[0338] Wenn also der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems aufgrund der Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems abnimmt, ist das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F in Bezug auf das Soll-Luft-/Kraftstoff-Verhältnis um die Verringerung der Kraftstoffeinspritzmenge mager. Um dies zu korrigieren, wird die Einspritzimpulsdauer Ti durch die Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrektur abnormal vergrößert, so daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F mit der Einspritzimpulsdauer Ti, die die Einspritzventil-Öffnungsperiode des Einspritzers **13** definiert, nicht kompatibel ist.

[0339] Auch wenn ferner der Hochdruckkraftstoff dem Einspritzer **13** mit einem normal gesteuerten Kraftstoffdruck zugeführt wird, ist es nicht möglich, eine gewünschte Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, wenn der Einspritzer **13** infolge einer fehlerhaften Einspritzventilöffnung oder dergleichen abnormal ist. Gleichmaßen wird die Einspritzimpulsdauer Ti durch die Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrektur abnormal vergrößert, so daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F mit der Einspritzimpulsdauer Ti, die die Einspritzventil-Öffnungsperiode des Einspritzers **13** definiert, nicht kompatibel ist.

[0340] Wenn also die Beziehung zwischen dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F und der Einspritzimpulsdauer Ti bestimmt wird, während die Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungssteuerung ausgeführt wird, ist es möglich, die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems genau zu diagnostizieren.

[0341] In Schritt S28 wird bestimmt, ob die Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungssteuerung ausgeführt wird. Während der offenen Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Steuerung, die die inaktive Periode des linearen O₂-Sensors **36** einschließt, werden die Diagnosebedingungen nicht erfüllt, so daß die Routine über Schritt S16 ohne die Diagnose des Hochdruck-Kraftstoffsystems auf der Basis der Kompatibilität des Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses A/F mit der Ein-

spritzimpulsdauer T_i endet.

[0342] Während der Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungssteuerung geht die Routine von Schritt S28 zu Schritt S29, in dem das von dem linearen O_2 -Sensor **36** detektierte Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F ausgelesen wird, um mit einem voreingestellten Wert $(A/F)_S$ verglichen zu werden und zu bestimmen, ob das Ist-Luft-/Kraftstoff-Verhältnis ein vorbestimmtes mageres Luft-/Kraftstoff-Verhältnis oder mehr ist.

[0343] Wenn dann $A/F < (A/F)_S$, wird bestimmt, daß die Diagnosebedingungen nicht erfüllt sind, und die Routine endet über Schritt S16.

[0344] Wenn dagegen $A/F \geq (A/F)_S$, d. h. wenn das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F größer oder gleich einem durch den voreingestellten Wert $(A/F)_S$ definierten mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis ist, wird bestimmt, daß die Diagnosebedingungen erfüllt sind, und die Routine geht zu Schritt S30, in dem die Einspritzimpulsdauer T_i , die von einer Kraftstoffeinspritz-Steuerungsroutine vorgegeben ist, die noch beschrieben wird, ausgelesen wird, um die Einspritzimpulsdauer T_i mit einem oberen Grenzwert T_{INGMAX} zu vergleichen, der bei dem mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis gewöhnlich nicht verfügbar ist, um die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems einschließlich des Einspritzers **13** zu diagnostizieren.

[0345] Wenn während der Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungssteuerung die Einspritzimpulsdauer T_i , die die Kraftstoffeinspritzmenge definiert, den oberen Grenzwert T_{INGMAX} , der gewöhnlich nicht verfügbar ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem einschließlich des Einspritzers **13** normal ist, überschreitet und abnormal lang ist, während gleichzeitig das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F das vorbestimmte mageres Luft-/Kraftstoff-Verhältnis ist, nimmt die Kraftstoffeinspritzmenge infolge des Kraftstoffdruckabfalls des Hochdruck-Kraftstoffsystems oder der fehlerhaften Einspritzventilöffnung des Einspritzers **13** ab.

[0346] Dadurch wird die Einspritzimpulsdauer T_i durch die Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrektur abnormal vergrößert, obwohl das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis größer oder gleich dem vorbestimmten mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis ist. In diesem Fall kann bestimmt werden, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem einschließlich des Einspritzers **13** abnormal ist.

[0347] Daher werden der voreingestellte Wert $(A/F)_S$ und der obere Grenzwert T_{INGMAX} vorher durch Simulation oder Experimente auf der Basis der vorher erwähnten Kompatibilität abgeleitet, um als Festdaten in dem ROM **52** gespeichert zu werden.

[0348] Wenn dann in Schritt S30 $T_i > T_{INGMAX}$, d. h. wenn die Einspritzimpulsdauer den durch den oberen Grenzwert T_{INGMAX} definierten vorbestimmten Wert überschreitet, während das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F größer oder gleich dem vorbestimmten mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis ist, das durch den voreingestellten Wert $(A/F)_S$ definiert ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem einschließlich des Einspritzers **13** abnormal ist, und die Routine geht zu Schritt S31. Anschließend wird in den Schritten S31 und S32 der fortgesetzte abnormaler Zustand bestimmt.

[0349] In Schritt S31 wird ein Fortgesetzte-Abnormalitätsdauer-Zählwert CNG für die Taktsteuerung der fortgesetzten Abnormalitätsdauer aufwärtsgezählt ($CNG \leftarrow CNG + 1$). Dann wird in Schritt S32 der Fortgesetzte-Abnormalitätsdauer-Zählwert CNG mit einem voreingestellten Wert $CS2$ verglichen.

[0350] Der voreingestellte Wert $CS2$ definiert einen Zeitwert, der mit Sicherheit definieren kann, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem einschließlich des Einspritzers **13** abnormal ist, indem verhindert wird, daß der Ausgangswert des linearen O_2 -Sensors **36** vorübergehend ein vorbestimmtes mageres Luft-/Kraftstoff-Verhältnis oder mehr unter dem Einfluß von Störungen oder dergleichen anzeigt, oder indem eine Fehldiagnose aufgrund der Tatsache, daß die Einspritzimpulsdauer T_i vorübergehend einen abnormalen Wert unter dem Einfluß einer Störung oder dergleichen im Hinblick auf die Ansprechzeitverzögerung der Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungssteuerung hat. Der voreingestellte Wert $CS2$ wird vorher durch Simulation und Experimente abgeleitet und in dem ROM **52** mit Festdaten gespeichert.

[0351] Bei $CNG < CS2$, d. h. wenn die fortgesetzte Dauer des abnormalen Zustands, daß die Einspritzimpulsdauer T_i den oberen Grenzwert T_{IMAX} im Fall eines mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses überschreitet, eine vorbestimmte Zeitdauer, die durch den voreingestellten Wert $CS2$ definiert ist, nicht erreicht, kann nicht bestimmt werden, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, und die Abnormalität wird nicht bestimmt, so daß die Routine endet.

[0352] Wenn andererseits in Schritt S32 $CNG \geq CS2$, d. h. wenn die fortgesetzte Dauer des abnormalen Zustands die vorbestimmte Zeitdauer erreicht, die durch den voreingestellten Wert $CS2$ definiert ist, d. h. wenn die Einspritzimpulsdauer T_i den oberen Grenzwert T_{INGMAX} überschreitet, der gewöhnlich nicht verfügbar ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem einschließlich des Einspritzers **13** normal ist, um diesen Zustand für eine vorbestimmte Zeitdauer fortzusetzen, während gleichzeitig während der Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungssteuerung das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F größer oder gleich dem vorbestimmten mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis

nis ist, das durch den voreingestellten Wert (A/F)S definiert ist, wird bestimmt, daß die Hochdruckpumpe **25** oder die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27**, die das Hochdruck-Kraftstoffsystem bilden, abnormal ist oder Kraftstoff aus dem Hochdruck-Kraftstoffsystem austritt oder das Hochdruck-Kraftstoffsystem aufgrund der fehlerhaften Einspritzventilöffnung des Einspritzers **13** abnormal ist, und die Routine geht zu Schritt S26.

[0353] In Schritt S26 wird das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG gesetzt ($FHPNG \leftarrow 1$), und die Warnleuchte **45** wird nach einem vorbestimmten Blinkcode ein- und ausgeschaltet, um die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu melden. Dann endet die Routine über Schritt S16.

[0354] Ferner kann die Diagnose, die auf dem oben beschriebenen Verhalten (1) und (2) des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems basiert, weggelassen werden, um die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems nur auf der Basis der Kompatibilität des Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses A/F mit der Einspritzimpulsdauer Ti zu diagnostizieren, obwohl dabei die Genauigkeit der Diagnose geringfügig schlechter ist.

[0355] Selbst wenn in Schritt S30 $Ti \leq TiNGMAX$, d. h. auch wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems in dem gewöhnlichen Bereich, der durch den unteren Grenzwert PFL und den oberen Grenzwert PFH definiert ist, liegt und selbst wenn das L A/F größer oder gleich dem durch den voreingestellten Wert (A/F)S definierten mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis ist, geht die Routine, wenn die dementsprechende Einspritzimpulsdauer Ti vorgegeben ist, d. h. wenn die oben beschriebenen Bedingungen (2) und (3) nicht erfüllt sind, zu Schritt S33, in dem die Bezugnahme auf das Anfangsdiagnose-OK-Flag erfolgt, um zu bestimmen, ob bestimmt worden ist, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem auch bei der Anfangsdiagnose unmittelbar nach dem Starten des Motors normal ist.

[0356] Bei FOK = 0, d. h. wenn bei der Anfangsdiagnose unmittelbar nach dem Starten des Motors bestimmt worden ist, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, kann nicht bestimmt werden, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, auch wenn die oben beschriebenen Bedingungen (2) und (3) nicht erfüllt sind, so daß die Routine über Schritt S16 endet.

[0357] Wenn dagegen in Schritt S33 FOK = 1, d. h. wenn bei der Anfangsdiagnose unmittelbar nach dem Start des Motors bestimmt worden ist, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn keine der oben beschriebenen Bedingungen (1) bis (3) erfüllt ist, wird bestimmt, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und die Routine geht zu Schritt S34,

in dem das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FH-PNG, das die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems bezeichnet und in dem Sicherheits-RAM **54** als Störungsdaten gespeichert ist, gesetzt wird ($FH-PNG \leftarrow 0$). Wenn zu diesem Zeitpunkt die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems durch das Ein- und Ausschalten des vorbestimmten Codes der Warnleuchte **45** angezeigt wird, wird diese unterbrochen. Dann endet die Routine über Schritt S16.

[0358] Das Resultat der oben beschriebenen Schritte besteht darin, daß dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem irgendeine Störung aufweist, die Warnleuchte **45** ein- und ausgeschaltet wird, um die Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu melden, so daß der Fahrer die Störung leicht bestimmen kann.

[0359] Wenn ferner in einem Wartungsbetrieb, wie etwa bei einem Händler, die Störungssuche durchgeführt wird, kann der serielle Monitor **70** mit dem Verbinder **65** für den externen Anschluß verbunden werden und die Störungsdaten auf der Basis des Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flags FHPNG in der ECU **50** auslesen, um die Störung des Hochdruck-Kraftstoffsystems genau zu bestimmen.

[0360] Nach der Reparatur des entsprechenden fehlerhaften Teils wird das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG durch den seriellen Monitor **70** zurückgesetzt. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird ferner auch dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG durch den seriellen Monitor **70** nach der Reparatur des fehlerhaften Teils nicht zurückgesetzt wird, das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG in der Hochdruck-Kraftstoffsystem-Diagnoseroutine rückgesetzt, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem wieder in den Normalzustand zurückgekehrt ist.

[0361] Wenn dagegen das Hochdruck-Kraftstoffsystem mit FHPNG = 0 normal ist unter Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG der Hochdruck-Kraftstoffsystem-Diagnoseroutine in der Umgehungswählventil-Steuerroutine gemäß Fig. 5, der Zündungssteuerungsroutine gemäß Fig. 7 und der Kraftstoffeinspritzsteuerungsroutine gemäß Fig. 8, wird das Umgehungswählventil **29** in den geschlossenen Zustand gesteuert.

[0362] In Abhängigkeit von dem Verbrennungssystem, das durch die Verbrennungssystemwählroutine gemäß Fig. 6 gewählt wird, die jeweils während einer vorbestimmten Zeitdauer ausgeführt und später beschrieben wird, wird außerdem die Einspritzimpulsdauer Ti für den Einspritzer **13**, die die für das jeweilige Verbrennungssystem geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands so vorgegeben, daß sie dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** regulierten ge-

steuerten Kraftstoffdruck PFB entspricht, und der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Zündzeitpunkt werden so vorgegeben, daß sie für das jeweilige Verbrennungssystem geeignet sind.

[0363] Bei $FHPNG = 1$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird ferner das Umgehungswählventil **29** in den geöffneten Zustand gesteuert, und die Einspritzimpulsdauer T_i , die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wird auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung **28** regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgegeben.

[0364] Zu diesem Zeitpunkt werden der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Zündzeitpunkt, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgegeben, so daß die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung basiert, ungeachtet der Wahl des Verbrennungssystems ausgeführt wird.

[0365] Die Umgehungswählventil-Steerroutine gemäß Fig. 5 wird nachstehend beschrieben. Die Umgehungswählventil-Steerroutine wird zu einer jeweils vorbestimmten Zeitperiode (z. B. 10 ms) nach der Initialisierung des Systems ausgeführt. In Schritt S41 erfolgt die Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG. Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem bei $FHPNG = 0$ normal ist, geht die Routine zu Schritt S42, in dem die Magnetspule des Umgehungswählventils **29** entregt wird ($SOL \leftarrow OFF$), um das Umgehungswählventil **29** zu schließen, und die Routine endet.

[0366] Wenn daher das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird das Umgehungswählventil **29** geschlossen, um zu verhindern, daß Kraftstoff aus dem Kraftstoffumgehungskanal **21d** austritt, so daß der Hochdruckkraftstoff, der von der Hochdruckpumpe **25** mit Druck beaufschlagt und durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert wird, dem Einspritzer **13** auf die übliche Weise zugeführt wird.

[0367] Wenn dagegen in Schritt S41 $FHPNG = 1$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, geht die Routine zu Schritt S43, in dem die Magnetspule des Umgehungswählventils **29** erregt wird ($SOL \leftarrow ON$), um das Umgehungswählventil **29** zu öffnen, und die Routine endet.

[0368] Wenn also das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird das Umgehungswählventil **29** geöffnet, um die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem über den Kraftstoffumgehungskanal **21d** herzustellen. Wenn daher das Hochdruck-Kraftstoff-

system abnormal ist, wird der Niederdruckkraftstoff, der von der Zuführungspumpe **24** zugeführt wird, um durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung **28** auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert zu werden, direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt, um dem Einspritzer **13** zugeführt zu werden, und zwar unabhängig von dem Hochdruckkraftstoff, der von der Hochdruckpumpe **25** und der Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** zugeführt wird.

[0369] Ferner wird nach der Systeminitialisierung die Verbrennungssystem-Wählroutine gemäß Fig. 6 jeweils zu einer vorbestimmten Zeit (z. B. alle 10 ms) parallel zu der Hochdruck-Kraftstoffsystem-Diagnoseroutine ausgeführt, und die Schichtverbrennung oder die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung wird als Verbrennungssystem auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und der Gaspedalposition ALPH gewählt.

[0370] Diese Verbrennungssystem-Wählroutine wird nachstehend beschrieben. Zuerst wird in Schritt S51 die Bezugnahme auf einen Bereichsbestimmungswert mit der Interpolationsberechnung durchgeführt auf der Basis der aktuellen Motordrehzahl NE, um einen Bereichsbestimmungswert L0 vorzugeben, um zu bestimmen, welche von der Schichtverbrennung oder der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung gewählt wird.

[0371] Dieser Bereichsbestimmungswert L0 ist ein Bestimmungswert als Referenz für das Umschalten des Verbrennungssystems zu der Schichtverbrennung oder der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung in Abhängigkeit von der Motorlast. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird als Beispiel der Motorlast eine Gaspedalposition ALPH, die eine erforderliche Last bezeichnet, verwendet, und die von dem Gaspedalpositionssensor **31** detektierte Gaspedalposition ALPH wird mit dem Bereichsbestimmungswert L0 verglichen, um zu bestimmen, ob die Schichtverbrennung oder die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt wird. Diese Wahl des Verbrennungssystems wird ferner durch Ändern des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts und des Zündzeitpunkts durchgeführt.

[0372] Wie oben beschrieben, ist die Schichtverbrennung ein Verbrennungssystem, bei dem der Kraftstoff in einen jeweiligen Zylinder in einem Kompressionshub eingespritzt wird, so daß die Einspritzung unmittelbar vor der Zündung zum Zünden des hinteren Endbereichs des Kraftstoffnebels mittels einer Zündkerze **14** beendet ist. Da die Schichtverbrennung nur Luft um den Kraftstoff herum nutzt, ist es möglich, eine stabile Verbrennung in einer sehr kleinen Kraftstoffeinspritzmenge in bezug auf die Füllluftmenge zu erhalten, so daß die Schichtverbrennung für den Motorbetrieb mit niedrigen Drehzahlen und niedrigen Lasten geeignet ist.

[0373] Dagegen ist die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung ein Verbrennungssystem, bei dem der Kraftstoff in einen jeweiligen Zylinder zu einem relativ frühen Zeitpunkt, d. h. am Ende eines Auslaßhubs oder bei dem Ansaughub, eingespritzt wird, so daß der eingespritzte Kraftstoff gezündet wird, nachdem er in der Brennkammer **12** so verteilt ist, daß er gleichmäßig mit Luft vermischt ist.

[0374] Diese gleichmäßige vorgemischte Verbrennung weist eine große Luftmenge auf und kann die Motorleistung verbessern, so daß die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung für den Motorbetrieb während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten geeignet ist.

[0375] Daher wird die Bereichsbestimmungswerttabelle wie folgt erhalten. Zuerst wird eine geeignete Gaspedalposition zum Umschalten des Verbrennungssystems zwischen der Schichtverbrennung oder der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung in jedem auf der Motordrehzahl NE basierenden Bereich vorher durch Simulation oder Versuche abgeleitet. Diese richtige Gaspedalposition wird als Bereichsbestimmungswert L0 genutzt, um eine Tabelle vorzugeben, die die Motordrehzahl NE als einen Parameter zum Erhalt der Bereichsbestimmungswerttabelle nutzt.

[0376] Diese Bereichsbestimmungswerttabelle wird in dem ROM **52** als eine Serie von Adressen gespeichert. Ein Beispiel der Bereichsbestimmungswerttabelle ist in **Fig. 18** gezeigt. Wie in **Fig. 18** zu sehen ist, speichert die Bereichsbestimmungswerttabelle Bereichsbestimmungswerte L0, die mit zunehmender Motordrehzahl NE kleiner werden.

[0377] Dann geht die Routine zu Schritt S52, in dem die von dem Gaspedalpositionssensor **31** detektierte aktuelle Gaspedalposition ALPH mit dem Bereichsbestimmungswert L0 verglichen wird.

[0378] Bei $ALPH \leq L0$, d. h. während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten (der schraffierte Bereich in **Fig. 18**), wird die Schichtverbrennung gewählt, um den Kraftstoffverbrauch und den Abgasausstoß zu verbessern. Um anzuzeigen, daß die Schichtverbrennung gewählt worden ist, wird ein Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB in Schritt S53 rückgesetzt ($FCOMB \leftarrow 0$), und die Routine endet.

[0379] Wenn dagegen in Schritt S52 $ALPH > L0$, d. h. während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten, wird die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt, um die Motorleistung zu verbessern. Um anzuzeigen, daß die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt worden ist, wird das Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB in Schritt S54 gesetzt ($FCOMB \leftarrow 1$), und die Routine endet.

[0380] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist ($FHPNG = 0$), erfolgt die Bezugnahme auf das von der Verbrennungssystem-Wählroutine gesetzte Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB in jeder von der Zündungssteuerungsroutine in **Fig. 7** und der Kraftstoffeinspritz-Steuerungsroutine in **Fig. 8**.

[0381] Bei $FCOMB = 0$, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt worden ist, wird die Einspritzimpulsdauer T_i , die die für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer **13** definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB vorgegeben (PFB = 7 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform).

[0382] Außerdem wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt für einen Kompressionshub eines Zylinders #i, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben, und der für die Schichtverbrennung geeignete Zündzeitpunkt wird auf der Basis der Motorbetriebsbedingung vorgegeben. Während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten wird also die Schichtverbrennung ausgeführt, um den Abgasausstoß und den Kraftstoffverbrauch zu verbessern.

[0383] Bei $FCOMB = 1$, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird für den Einspritzer **13** die Einspritzimpulsdauer T_i , die die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis der Motorbetriebsbedingung in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB vorgegeben.

[0384] Ferner wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt am Ende eines Auslaßhubs oder bei einem Ansaughub eines Zylinders #i, in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgegeben, und der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Zündzeitpunkt wird vorgegeben. Während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten wird somit die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung ausgeführt, um die Motorleistung zu verbessern.

[0385] Wenn andererseits das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist ($FHPNG = 1$), wird, da der Niederdruckkraftstoff des Niederdruck-Kraftstoffsystems dem Einspritzer **13** direkt durch Öffnen des Umgehungswählventils **29** zugeführt wird, die Einspritzimpulsdauer T_i , die die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem durch die Reguliereinrichtung **28** regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs vorgegeben (0,2 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform).

[0386] Dabei werden der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Zündzeitpunkt, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, auf der Basis der Motorbetriebsbedingung vorgegeben, so daß die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung basiert, ungeachtet der Wahl des Verbrennungssystems ausgeführt wird.

[0387] Bevor die Kraftstoffeinspritzungs-Steuerroutine beschrieben wird, wird nachstehend die Zündungssteueroutine in Fig. 7 beschrieben.

[0388] Diese Zündungssteueroutine wird jeweils zu einer vorbestimmten Periode (z. B. alle 10 ms) ausgeführt. Zuerst erfolgt in Schritt S61 die Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG.

[0389] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S62, in dem die Bezugnahme auf das Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB erfolgt. Bei FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, geht die Routine zu Schritt S63. In Schritt S63 erfolgt auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, die eine erforderliche Last als den Motorbetriebszustand bezeichnen, die Bezugnahme auf eine in dem ROM 52 gespeicherte Grund-Frühzündungswerttabelle für die Schichtverbrennungsperiode mit der Interpolationsberechnung, und ein Grund-Frühzündungswert ADVBASE wird als Grund-Zündzeitpunkt, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, vorgegeben.

[0390] Die Grund-Frühzündungswerttabelle für die Schichtverbrennungsperiode wird wie folgt vorgegeben. Zuerst wird vorher durch Simulation oder experimentell der optimale Zündzeitpunkt für die Schichtverbrennung in jedem Motorbetriebsbereich auf der Basis der Gaspedalposition ALPH und der Motordrehzahl NE gewonnen. Der abgeleitete Zündzeitpunkt, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, wird als Grund-Frühzündung ADVBASE genutzt, die den Grad des Zündwinkels CA BTDC definiert, um eine Tabelle vorzugeben, die die Gaspedalposition ALPH und die Motordrehzahl NE als Parameter nutzt. Die so vorgegebene Tabelle ist die Schichtverbrennungs-Frühzündungswerttabelle, die an einer Serie von Adressen in dem ROM 52 gespeichert ist.

[0391] Dann geht die Routine zu Schritt S64, in dem ein Zündzeitpunkt-Lernkorrekturwert ADVKR, durch den die Zündverzögerung und die Frühzündung in jedem Betriebsbereich in Abhängigkeit von der Anwesenheit von durch den Klopfsensor 32 detektiertem Klopfen gelernt werden, vorgegeben wird durch Bezugnahme auf eine Zündzeitpunkt-Lernkorrekturwerttabelle mit der Interpolationskorrektur, die in dem Sicherheits-RAM 54 auf der Basis der Gaspedalposition ALPH und der Motordrehzahl NE gespeichert

worden ist.

[0392] Dann wird in Schritt S65 der Zündzeitpunkt-Lernkorrekturwert ADVKR zu der Grund-Frühzündung ADVBASE hinzuaddiert, um die Lernkorrektur auszuführen, um eine gesteuerte Frühzündung ADV vorzugeben, die den Zündzeitpunkt definiert ($ADV \leftarrow ADVBASE + ADVKR$).

[0393] Dann wird in Schritt S66 ein Entregungszeitpunkt, d. h. ein Zündzeitpunkt TADV, der den Zündzeitpunkt definiert, für die Zündspule 15, der auf der Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 basiert, auf der Basis der gesteuerten Frühzündung ADV vorgegeben.

[0394] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird der Zündzeitpunkt durch ein sogenanntes Zeitsteuersystem gesteuert. Wie die Fig. 14 und 15 zeigen, werden der Erregungsstartzeitpunkt (dwell set) und der Entregungszeitpunkt (Zündzeitpunkt; dwell cut) für die Zündspule 15 durch einen Zeitraum nach der Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 vorgegeben.

[0395] Da hierbei die gesteuerte Frühzündung ADV eine Winkelinformation (BTDC° CA) ist, muß die gesteuerte Frühzündung ADV in einen Zeitraum von der Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 bis zur Zündung umgewandelt werden. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird unter der Annahme, daß ein Eingabeintervall für den aktuellen Kurbelimpuls $T\theta$ ist und ein Winkel zwischen Kurbelimpulsen entsprechend dem Eingabeintervall für den aktuellen Kurbelimpuls $T\theta$ gleich θ ist, ein Zündzeitpunkt TADV auf der Basis der Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 entsprechend der folgenden Formel ab einem Zeitraum je Rotation von 1° CA vorgegeben.

$$TADV \leftarrow (T\theta/\theta) \times (\theta_1 - ADV)$$

θ_1 : $\theta_1 = 97^\circ$ CA bei dieser bevorzugten Ausführungsform.

[0396] Dann wird in Schritt S67 die Erregungszeit DWL für die Zündspule 15 vorgegeben durch Bezugnahme auf eine Tabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Batteriespannung VB. Die Erregungszeit DWL definiert die optimale Erregungszeit für den Primärstrom der Spule in Abhängigkeit von der Batteriespannung VB.

[0397] Ein Beispiel dieser Tabelle ist in Schritt S67 gezeigt. Wenn dabei die Batteriespannung VB abfällt, wird die Erregungszeit DWL verlängert, um die Zündenergie zu gewährleisten, und wenn die Batteriespannung VB ansteigt, wird die Erregungszeit DWL verkürzt, um Energieverluste und eine Wärmeerzeugung der Zündspule 15 zu verhindern.

[0398] Dann geht die Routine zu Schritt S68, in dem die Erregungszeit DWL von dem Zündzeitpunkt

TADV subtrahiert wird, um einen Erregungsstartzeitpunkt TDWL auf der Basis der Eingabe des Kurbelimpulses 01 vorzugeben ($TDWL \leftarrow TADV \leftarrow DWL$), und die Routine endet.

[0399] Wenn andererseits FHPNG = 1 in Schritt S61, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, oder wenn FHPNG = 0 in Schritt 61, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn FCOMB = 1 in Schritt S62, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, geht die Routine zu Schritt S69.

[0400] In Schritt S69 wird eine Grund-Frühzündung ADVBASE, die als Grund-Zündzeitpunkt dient, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, vorgegeben durch Bezugnahme auf die Grund-Frühzündungswerttabelle für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Gaspedalposition ALPH, die die Motordrehzahl NE und die erforderliche Last als Motorbetriebsbedingung bezeichnet.

[0401] Die Grund-Frühzündungswerttabelle für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung wird wie folgt eingerichtet. Zuerst wird vorher durch Simulationen oder Versuche der optimale Zündzeitpunkt, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, für jeden Motorbetriebsbereich auf der Basis der Gaspedalposition ALPH und der Motordrehzahl NE abgeleitet. Der abgeleitete Zündzeitpunkt, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wird als Grund-Frühzündung ADVBASE genutzt, um eine Tabelle aufzustellen, die die Gaspedalposition ALPH und die Motordrehzahl NE als Parameter nutzt.

[0402] Die vorgegebene Tabelle ist die Grund-Frühzündungswerttabelle für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die an einer Serie von Adressen in dem ROM 52 gespeichert wird. Ferner zeigt die Grund-Frühzündung ADVBASE während der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung einen Wert, der gegenüber der Schichtverbrennungszeit früher liegt.

[0403] Dann geht die Routine zu Schritt S64, ein Zündzeitpunkt-Lernkorrekturwert ADVKR wird auf der Basis der Gaspedalposition ALPH und der Motordrehzahl NE vorgegeben durch Bezugnahme auf die Zündzeitpunkt-Lernkorrekturwerttabelle mit der Interpolationsberechnung. Dann wird in den Schritten S65 und S66 der Zündzeitpunkt-Lernkorrekturwert ADVKR zu der Grund-Frühzündung ADVBASE, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und die in Schritt S69 vorgegeben wurde, hinzuaddiert, um eine gesteuerte Frühzündung ADV vorzugeben, und diese gesteuerte Frühzündung ADV, die auf Winkeldaten basiert, wird in einen Zündzeitpunkt TADV auf der Basis der Eingabe des Kurbelimpulses

01 umgewandelt.

[0404] Dann wird in den Schritten S67 und S68 eine Erregungszeit DWL auf der Basis der Batteriespannung VB durch Bezugnahme auf eine Tabelle vorgegeben, und die Erregungszeit DWL wird von dem Zündzeitpunkt TADV subtrahiert, um einen Erregungsstartzeitpunkt TDWL vorzugeben. Dann endet die Routine.

[0405] Als Resultat der oben beschriebenen Schritte werden Daten über einen Zylinder, der gezündet werden soll, in der Zylinderbestimmungs-/Motordrehzahlberechnungsroutine von einer 01-Kurbelimpulsunterbrechungsroutine gemäß Fig. 9 gelesen, die synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses 01 ausgeführt und später beschrieben wird, und der aktuelle Erregungsstartzeitpunkt TDWL und der Zündzeitpunkt TADV, die in der Zündsteuerroutine vorgegeben worden sind, werden ausgelesen.

[0406] Dann wird der Erregungsstartzeitpunkt TDWL in einen Erregungsstartzeitpunkt-Taktgeber für einen zu zündenden Zylinder gesetzt, und der Zündzeitpunkt TADV wird in einen Zündzeitpunkt-Taktgeber für den zu zündenden Zylinder gesetzt. Ferner werden die jeweiligen Taktgeber synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses 01 gestartet, und die für das Verbrennungssystem geeignete Zündung wird ausgeführt.

[0407] Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und die Schichtverbrennung gewählt ist, erfolgt die Bezugnahme auf den Zündzeitpunkt TADV, der den Zündzeitpunkt definiert, in der Kraftstoffeinspritzungs-Steuerroutine gemäß Fig. 8, und ein Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST, der den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt für den jeweiligen Zylinder definiert, wird auf der Basis des Zündzeitpunkts TADV vorgegeben.

[0408] Nachstehend wird die Kraftstoffeinspritz-Steuerroutine in Fig. 8 beschrieben.

[0409] Diese Kraftstoffeinspritz-Steuerroutine wird jeweils in einem bestimmten Zeitraum (z. B. alle 10 ms) ausgeführt. Zuerst wird in Schritt S71 auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG durch die Hochdruck-Kraftstoffsystem-Diagnoseroutine Bezug genommen.

[0410] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S72, in dem die Bezugnahme auf das Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB erfolgt. Bei FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, geht die Routine zu Schritt S73.

[0411] In Schritt S73 erfolgt auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, die

eine erforderliche Last als den Motorbetriebszustand bezeichnen, die Bezugnahme auf die Schichtverbrennungsperiode-Grundkraftstoffeinspritzmengentabelle mit der Interpolationsberechnung, um eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF (Einheit: g) entsprechend einer Kraftstoffeinspritzmenge vorzugeben, die für die Schichtverbrennung geeignet ist und die zum Erhalt einer vorbestimmten Motorleistung verwendet wird.

[0412] Die Schichtverbrennungsperiode-Grundkraftstoffeinspritzmengentabelle wird wie folgt eingerichtet. Zuerst wird vorher durch Simulationen oder Versuche zu jedem Motorbetriebsbereich auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH die optimale Einspritzmenge pro Arbeitstakt eines Zylinders, die für die Schichtverbrennung geeignet ist und zum Erhalt einer vorbestimmten Motorleistung geeignet ist, abgeleitet.

[0413] Die abgeleitete optimale Kraftstoffeinspritzmenge wird als Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF genutzt zum Einrichten einer Tabelle unter Verwendung der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH als Parameter. Die so erstellte Grund-Einspritzmengentabelle ist die Schichtverbrennungsperiode-Grundkraftstoffeinspritzmengentabelle, die an einer Serie von Adressen in dem ROM 52 gespeichert wird.

[0414] Dann geht die Routine zu Schritt S74, es erfolgt die Bezugnahme auf die Grund-Einspritzimpulsdauertabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF, und eine Grund-Einspritzimpulsdauer Tp (Einheit: ms) für den Einspritzer 13 wird vorgegeben, um die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF zu erhalten.

[0415] Die Grund-Einspritzimpulsdauertabelle wird wie folgt eingerichtet. Die Grund-Einspritzimpulsdauer Tp, die eine Einspritzventil-Öffnungsperiode des Einspritzers 13 definiert, die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF geeignet ist, wird vorher durch Simulation oder Versuche für jeden Bereich auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF abgeleitet, während der Druck des Kraftstoffs, der dem Einspritzer 13 zugeführt wird, der durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierte gesteuerte Kraftstoffdruck PFB ist (PFB = 7 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform), so daß die Grund-Einspritzimpulsdauertabelle als eine Tabelle eingerichtet wird, die die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF als einen Parameter verwendet und in dem ROM 52 an einer Serie von Adressen gespeichert wird.

[0416] Ein Beispiel der Grund-Einspritzimpulsdauertabelle ist in Schritt S74 gezeigt. Mit zunehmender Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF ist es erforderlich, die Grund-Einspritzimpulsdauer Tp, die die Ein-

spritzventil-Grundöffnungsperiode des Einspritzers 13 definiert, zu verlängern, um die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF zu erhalten. Daher ist in der Grund-Einspritzimpulsdauertabelle die Grund-Einspritzimpulsdauer Tp als zunehmend mit der Zunahme der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF gespeichert.

[0417] Ferner ist eine ungültige Zeitdauer bis zum tatsächlichen Öffnen des Einspritzers 13 nach der Ausgabe eines Einspritzimpulsdaughtersignals an den Einspritzer ungeachtet des Kraftstoffdrucks im wesentlichen konstant. Wenn die Grund-Einspritzimpulsdauer Tp vorgegeben wird, dann wird auch die ungültige Zeitdauer korrigiert.

[0418] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird das Umgehungswählventil 29 von der Umgehungswählventil-Steueroutine geöffnet, um zu verhindern, daß Kraftstoff aus dem Kraftstoffumgehungskanal 21d austritt, und der Hochdruckkraftstoff, dessen Druck von der Hochdruckpumpe 25 erhöht wird und der durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, wird dem Einspritzer 13 zugeführt.

[0419] Wenn daher zu diesem Zeitpunkt die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF zu der Grund-Einspritzimpulsdauer Tp umgewandelt wird, so daß sie mit dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB übereinstimmt, ist es möglich, ähnlich wie bei herkömmlichen Systemen eine Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, die einer erforderlichen Einspritzmenge entspricht, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist.

[0420] Anschließend erfolgt in Schritt S75 die Bezugnahme auf eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektierten Kraftstoffdrucks Pf und der Grund-Einspritzimpulsdauer Tp, und es wird ein Kraftstoffdruckkorrekturfaktor Kp (Einheit: keine) für die Korrektur der Grund-Einspritzimpulsdauer Tp in Abhängigkeit von dem Kraftstoffdruck Pf vorgegeben.

[0421] Die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle wird wie folgt eingerichtet. Zuerst wird vorher durch Simulation oder Versuche in jedem Bereich auf der Basis des Kraftstoffdrucks Pf und der Grund-Einspritzimpulsdauer Tp ein Faktor abgeleitet, der zur Korrektur der Grund-Einspritzimpulsdauer Tp zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF geeignet ist. Der abgeleitete Faktor wird als Kraftstoffdruckkorrekturfaktor Kp genutzt, um eine Tabelle zu erstellen, die den Kraftstoffdruck Pf und die Grund-Einspritzimpulsdauer Tp als Parameter nutzt.

[0422] Die so erstellte Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle wird an einer Serie von Adressen in dem ROM 52 gespeichert. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird ferner der in der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle als Parameter verwendete Kraftstoffdruck in dem Bereich von beispielsweise 1 MPa bis 9 MPa vorgegeben, um den Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems im Hinblick auf den Anstieg des Kraftstoffdrucks Pf beim Starten des Motors abzudecken.

[0423] Die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p wird so vorgegeben, daß sie mit dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB (= 7 MPa) übereinstimmt, und die Korrektur unter Anwendung des Kraftstoffdruckkorrekturfaktors K_p ist als ein Multiplikationsterm in bezug auf die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p gegeben, wie in Schritt S76 gezeigt ist und noch beschrieben wird.

[0424] Wenn daher der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems, der von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektiert wird, mit dem gesteuerten Kraftstoffdruck PFB (Pf = 7 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform) übereinstimmt, wird die Korrektur unter Anwendung des Kraftstoffdruckkorrekturfaktors K_p nicht ausgeführt, so daß ein Wert von $K_p = 1,0$ in dem entsprechenden Kraftstoffdruckbereich der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle gespeichert wird.

[0425] In der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle sind Kraftstoffdruckkorrekturfaktoren K_p gespeichert, die allmählich von $K_p = 1,0$ nacheinander abnehmen, um die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p mit ansteigendem Kraftstoffdruck Pf in einem Bereich zu verringern, in dem der Kraftstoffdruck Pf höher als der gesteuerte Kraftstoffdruck PFB ist, und Kraftstoffdruckkorrekturfaktoren K_p gespeichert, die von $K_p = 0$ allmählich nacheinander zunehmen, um die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p zu vergrößern, während der Kraftstoffdruck Pf in einem Bereich geringer wird, in dem der Kraftstoffdruck Pf niedriger als der gesteuerte Kraftstoffdruck PFB ist.

[0426] In einem Bereich jedoch, in dem die Einspritzimpulsdauer T_p sehr klein ist (z. B. $T_p < 0,6 \sim 0,7$ ms bei der bevorzugten Ausführungsform), steigt dann, wenn der Kraftstoffdruck Pf hoch ist, die Einspritzventil-Öffnungskraft des Einspritzers 13, die auf dem Kraftstoffdruck Pf basiert, stärker an, als wenn der Kraftstoffdruck Pf niedrig ist. Wenn daher der Kraftstoffdruck Pf hoch ist, haben die Verringerung der effektiven Öffnungszeit und des effektiven Öffnungsbereichs des Einspritzers 13 einen größeren Einfluß auf die von dem Einspritzer 13 eingespritzte Kraftstoffmenge, als wenn der Kraftstoffdruck Pf niedrig ist.

[0427] Wenn ferner die Einspritzimpulsdauer die gleiche ist, nimmt die von dem Einspritzer 13 eingespritzte Kraftstoffmenge mit zunehmenden Kraftstoffdruck Pf ab. Aus diesem Grund sind in einem Bereich, in dem die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p einen vorbestimmten Wert unterschreitet ($T_p < 0,6 \sim 0,7$ ms bei dieser bevorzugten Ausführungsform), in der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle Kraftstoffdruckkoeffizienten K_p gespeichert, die mit zunehmendem Kraftstoffdruck Pf größer werden.

[0428] Dann geht die Routine zu Schritt S76, in dem die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p multipliziert wird, um die Kraftstoffdruckkorrektur auszuführen, und mit einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrekturfaktor KA/F multipliziert wird, um die Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Korrektur auszuführen, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer T_i für den Einspritzer 13 vorzugeben ($T_i \leftarrow T_p \times K_p \times KA/F$).

[0429] Der Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrekturfaktor KA/F ist wohlbekannt und wird in Abhängigkeit von den Vergleichsergebnissen eines Soll-Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses, das in Abhängigkeit von dem Motorbetriebsbereich vorgegeben ist, mit dem von dem linearen O_2 -Sensor 36 detektierten tatsächlichen Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F vorgegeben. Der Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrekturfaktor KA/F dient der Korrektur der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , so daß das tatsächliche Luft-/Kraftstoff-Verhältnis A/F dem Soll-Luft-/Kraftstoff-Verhältnis angenähert wird.

[0430] Danach erfolgt in Schritt S77 eine erneute Bezugnahme auf das Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB. Bei FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, geht die Routine zu Schritt S78, in dem die Kraftstoffeinspritzendzeitpunktabelle auf der Basis der Motorbetriebsbedingung in Abhängigkeit von der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH durchsucht wird, um einen Kraftstoffeinspritzendzeitpunkt IJEND (Einheit: ms) durch die Interpolationsberechnung vorzugeben.

[0431] Die Schichtverbrennung ist ein Verbrennungssystem zum Einspritzen des Kraftstoffs in einem Kompressionshub, um die Kraftstoffeinspritzung unmittelbar vor der Zündung zu beenden, um den hinteren Endbereich des Kraftstoffnebels mittels einer Zündkerze 14 zu zünden.

[0432] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird dabei, nachdem der Kraftstoff von dem Einspritzer 13 eingespritzt worden ist, wenn das Luft-Kraftstoff-Gemisch, das ein Luft-/Kraftstoff-Verhältnis eines Verbrennungsbereichs durch den Kraftstoffstrahl hat, einen Bereich zwischen Entladungselektroden der Zündkerze 14 infolge des Ansaugluftstroms des Zylinders erreicht, der hintere Endbereich des Kraft-

stoffstrahls mittels der Zündkerze 14 gezündet, so daß sich Flammen ausbreiten, um die Schichtverbrennung zu erzielen, so daß es erforderlich ist, das Intervall zwischen dem Ende der Kraftstoffeinspritzung und der Zündung zu managen.

[0433] Daher wird die Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkttafel wie folgt erstellt. Zuerst wird vorher durch Simulation oder Versuche für jeden Motorbetriebsbereich auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, die eine erforderliche Last bezeichnen, der optimale Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkt vor der Zündung, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, abgeleitet, d. h. ein Zeitraum, bis der hintere Endbereich des Kraftstoffstrahls aus dem Luft-/Kraftstoff-Gemisch durch den Zylinderansaugluftstrom einen Bereich zwischen den Entladungselektroden der Zündkerze 14 erreicht, nachdem der Kraftstoff aus dem Einspritzer 13 eingespritzt worden ist.

[0434] Dieser Zeitwert wird als Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkt IJEND genutzt, um die Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkttafel als eine Tabelle zu erstellen, die die Motordrehzahl NE und die Gaspedalposition ALPH als Parameter nutzt. Diese Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkttafel wird an einer Serie von Adressen in dem ROM 52 gespeichert.

[0435] Dann geht die Routine zu Schritt S79, in dem der Zündzeitpunkt TADV von der Zündungssteueroutine ausgelesen wird, und ein Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt IJST (Einheit: ms), der einen Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt auf der Basis der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ definiert, wird durch die umgekehrte Operation des Zündzeitpunkts TADV mittels des Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkts IJEND und der Einspritzimpulsdauer Ti vorgegeben ($IJST \leftarrow TADV \leftarrow (Ti + IJEND)$). Dann endet die Routine.

[0436] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird der Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt durch das Zeitsteuerungssystem gesteuert, und wenn die Schichtverbrennung ausgeführt wird, dann wird der Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt IJST für den jeweiligen Zylinder durch einen Zeitraum nach der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ vorgegeben, wie das Impulsdiagramm von Fig. 14 zeigt.

[0437] Dabei bezeichnet der Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkt IJEND das Intervall zwischen dem Ende der Kraftstoffeinspritzung und der Zündung als einen Zeitwert vor der Zündung. Daher muß der Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkt IJEND in eine Zeitdauer bis zum Beginn der Kraftstoffeinspritzung nach der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ umgewandelt werden.

[0438] Aus diesem Grund wird bei der bevorzugten Ausführungsform die Summe des Kraftstoffeinspritzungsendzeitpunkts IJEND und der Einspritzimpulsdauer Ti von dem Zündzeitpunkt TADV, der auf der Basis der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ vorgegeben wurde, subtrahiert, um den Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt UJST auf der Basis der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ vorzugeben.

[0439] Wenn andererseits FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn FCOMB = 1 in Schritt S72, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, geht die Routine von Schritt S72 zu Schritt S80, in dem die Bezugnahme auf eine Gleichmäßige-vorgemischte-Verbrennungsperiode-Grundkraftstoffeinspritzmengentabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, erfolgt, um eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF (Einheit: g) vorzugeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet und zum Erhalt einer vorbestimmten Motorleistung angewandt wird.

[0440] Die Gleichmäßige-vorgemischte-Verbrennungsperiode-Grundkraftstoffeinspritzmengentabelle wird wie folgt erstellt. Zuerst wird vorher durch Simulation und Versuche für jeden Bereich auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, die eine erforderliche Last bezeichnen, die optimale Kraftstoffeinspritzmenge je Arbeitstakt eines Zylinders, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, um eine vorbestimmte Motorleistung zu erhalten, abgeleitet.

[0441] Die abgeleitete optimale Kraftstoffeinspritzmenge wird als Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF genutzt, um die Gleichmäßige-vorgemischte-Verbrennungsperiode-Grundkraftstoffeinspritzmengentabelle als eine Tabelle zu erstellen, die die Motordrehzahl NE und die Gaspedalposition ALPH als Parameter verwendet. Diese Grund-Kraftstoffeinspritzmengentabelle wird an einer Serie von Adressen in dem ROM 52 gespeichert.

[0442] Nachdem die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF vorgegeben ist, geht die Routine zu Schritt S74, in dem die Bezugnahme auf die Grund-Einspritzimpulsdauertabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF erfolgt, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer Tp für den Einspritzer 13 vorzugeben, die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF genutzt wird. Dann erfolgt in Schritt S75 die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektierten Kraftstoffdrucks Pf und der Grund-Einspritzimpulsdauer Tp , um einen Kraftstoffdruckkorrekturfaktor Kp vorzuge-

ben.

[0443] Dann wird in Schritt S76 die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p mit dem Kraftstoffdruckkorrekturfaktor K_p und dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrekturfaktor KA/F multipliziert, um die Kraftdruckkorrektur und die Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Korrektur auszuführen, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer T_i für den Einspritzer **13** vorzugeben.

[0444] In Schritt S77 erfolgt dann erneut die Bezugnahme auf das Verbrennungssystem-Bestimmungsflag $FCOMB$. Bei $FCOMB = 1$, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, geht die Routine von Schritt S77 zu Schritt S81.

[0445] In Schritt S81 wird die Kraftstoffeinspritzungsstartwinkeltabelle auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition $ALPH$, durchsucht, um einen Kraftstoffeinspritzungsstartwinkel $IJsa$ (Einheit: °CA) auf der Basis des oberen Kompressionstotpunkts für den jeweiligen Zylinder durch die Interpolationsberechnung vorzugeben.

[0446] Während der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung wird die Kraftstoffeinspritzung bevorzugt möglichst bald beendet, um den eingespritzten Kraftstoff so zu verteilen, daß der eingespritzte Kraftstoff ausreichend mit Frischluft vermischt wird. Während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten ist jedoch eine große Kraftstoffeinspritzmenge erforderlich, so daß die Einspritzimpulsdauer T_i zunimmt und die für einen Arbeitstakt erforderliche Zeit kürzer wird.

[0447] Wenn also der Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt nicht geeignet gemanagt wird, beginnt die Kraftstoffeinspritzung vielleicht von Beginn bis zur Mitte in einem Auslaßhub, was dazu führt, daß der Kraftstoff in das Abgassystem ausgeblasen wird.

[0448] Während der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung ist es also erforderlich, die Kraftstoffeinspritzung am Ende des Auslaßhubs oder bei dem Ansaughub zu beginnen. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird der Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt bei einem Kurbelwinkel vor dem oberen Kompressionstotpunkt auf der Basis des oberen Kompressionstotpunkts des entsprechenden Zylinders gemanagt (siehe Fig. 15).

[0449] Daher wird die Kraftstoffeinspritzungsstartwinkeltabelle wie folgt erstellt. Zuerst wird vorher durch Simulation oder Versuche für jeden Bereich auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition $ALPH$ der optimale Kraftstoffeinspritzungsstartwinkel vor dem oberen Kompressionstotpunkt des entsprechenden Zylinders, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, abgeleitet.

[0450] Der abgeleitete optimale Kraftstoffeinspritzungsstartwinkel wird als Kraftstoffeinspritzungsstartwinkel $IJsa$ genutzt, um die Kraftstoffeinspritzungsstartwinkeltabelle als eine Tabelle zu erstellen, die die Motordrehzahl NE und die Gaspedalposition $ALPH$ als Parameter nutzt. Diese Kraftstoffeinspritzungsstartwinkeltabelle wird an einer Serie von Adressen in dem ROM **52** gespeichert.

[0451] Dann wird in Schritt S82 als ein Zeitwert zum Definieren eines Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkts nach der Eingabe eines Referenz-Kurbelimpulses ein Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt $IJST$ (Einheit: ms) auf der Basis des Kraftstoffeinspritzungsstartwinkels $IJsa$ vorgegeben.

[0452] Wie oben beschrieben, wird bei dieser bevorzugten Ausführungsform der Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt durch das Zeitsteuersystem gesteuert. Wie das Impulsdigramm in Fig. 15 zeigt, wird während der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung der Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt $IJST$ für den jeweiligen Zylinder durch die Zeit nach der Eingabe des Kurbelimpulses θ_2 vorgegeben, also zwei Impulse vor dem entsprechenden Zylinder.

[0453] Da also der Kraftstoffeinspritzungsstartwinkel $IJsa$ eine Kurbelwinkelinformation auf der Basis des oberen Kompressionstotpunkts des entsprechenden Zylinders ist, erfolgt eine Umwandlung in Zeit, und der resultierende Wert wird von einer Zeitdauer ab der Eingabe des Kurbelimpulses θ_2 , zwei Impulse vor dem entsprechenden Zylinder, bis zu dem oberen Kompressionstotpunkt des entsprechenden Zylinders subtrahiert, was ein Referenzwert für die Vorgabe des Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkts $IJST$ ist. Somit kann ein gewünschter Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt $IJST$ berechnet werden.

[0454] Unter der Annahme, daß das aktuelle Kurbelimpulseingabeintervall $T\theta$ ist und der Winkel zwischen Kurbelimpulsen entsprechend dem aktuellen Kurbelimpulseingabeintervall $T\theta$ ist, kann eine Zeitdauer $T\theta S$ ab der Eingabe des Kurbelimpulses θ_2 zwei Impulse vor dem jeweiligen Zylinder, was ein Referenzwert zur Vorgabe des Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkts $IJST$ ist, bis zu dem oberen Kompressionstotpunkt des entsprechenden Zylinders durch die folgende Formel ab einem Zeitraum je Umdrehung von 1° CA ($T\theta/\theta$) berechnet werden.

$$T\theta S = (T\theta/\theta) \times \theta S.$$

[0455] Ferner ist θS ein Winkel ab dem Kurbelimpuls θ_2 , zwei Impulse vor dem entsprechenden Zylinder, bis zu dem oberen Kompressionstotpunkt des entsprechenden Zylinders und ist vorher in dem ROM **52** als Festdaten gespeichert. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist $\theta S = 2 \times 180 + 65 = 425^\circ$ CA.

[0456] Daher kann ein Wert $((T_0/\theta) - IJsa)$, der durch Umwandeln des Kraftstoffeinspritzungsstartwinkels $IJsa$ in Zeit erhalten ist, von dem Zeitwert $T_0S (= (T_0/t) \times \theta S)$ subtrahiert werden, um einen Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt $IJST$ zu erhalten, und ein Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt $IJST$, wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, kann durch die folgende Formel vorgegeben werden.

$$IJST \leftarrow (T_0/\theta) \times (\theta S - IJsa).$$

[0457] Nachdem der Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt $IJST$ vorgegeben ist, endet die Routine.

[0458] Wenn andererseits in Schritt S71 FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, geht die Routine ohne Rücksicht darauf, welches Verbrennungssystem gewählt ist, von Schritt S71 zu Schritt S83.

[0459] In Schritt S83 erfolgt die Bezugnahme auf eine Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, und eine Einspritzimpulsdauer T_i (Einheit: ms), die eine Kraftstoffeinspritzmenge definiert, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und zum Erhalt einer vorbestimmten Motorleistung dient, wird bei dem Druck eines durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgegeben.

[0460] Die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle wird wie folgt eingerichtet. Zuerst wird vorher durch Simulation oder Versuche für jeden Bereich auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, die eine erforderliche Last bezeichnen, eine Kraftstoffeinspritzmenge pro Arbeitszyklus eines Zylinders abgeleitet, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung und zur Erzielung einer vorbestimmten Motorleistung geeignet ist.

[0461] Dann wird eine Einspritzimpulsdauer T_i , die zum Erhalt der Kraftstoffeinspritzmenge verwendet wird, abgeleitet, wenn der Druck des dem Einspritzer 13 zugeführten Kraftstoffs der Druck durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffs ist (0,2 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform). Dann wird die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle als eine Tabelle vorgegeben, die die Motordrehzahl NE und die Gaspedalposition ALPH als Parameter nutzt, um an einer Serie von Adressen in dem ROM 52 gespeichert zu werden.

[0462] Wenn also FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird das Umgehungswählventil 29 durch die oben beschriebene Umgehungswählventil-Steuerroutine geöffnet, so

daß der Niederdruckkraftstoff des Niederdruck-Kraftstoffsystems, der von der Pumpe 24 zugeführt wird, um von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 reguliert zu werden, dem Einspritzer 13 direkt zugeführt wird.

[0463] Zu diesem Zeitpunkt wird somit eine Einspritzimpulsdauer T_i , die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH in Abhängigkeit von dem Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs (0,2 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform) vorgegeben.

[0464] Bei der bevorzugten Ausführungsform wird ferner die Einspritzimpulsdauer T_i , die vorgegeben wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, in Abhängigkeit von dem Druck des dem Einspritzer 13 zugeführten Niederdruckkraftstoffs (0,2 MPa) vorgegeben, um ein Wert zu sein, der ungefähr 2 bis 2,5mal so groß wie die Einspritzimpulsdauer T_i ist, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} (7 MPa) vorgegeben wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist.

[0465] Außerdem gibt es eine Obergrenze für die in der Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle gespeicherte Einspritzimpulsdauer, und die Motorleistung wird bevorzugt durch die Obergrenze der Einspritzimpulsdauer begrenzt, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0466] Das bedeutet, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Motorleistung durch die Obergrenze der Einspritzimpulsdauer T_i begrenzt, um das Maß der Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems an einer Erhöhung zu hindern und durch die Sicherheitssteuerung mit Sicherheit auszuschließen, daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung verschlechtert wird, so daß es möglich ist, eine Verschlechterung des Verbrennungszustands des Motors 1 zu verhindern.

[0467] Nachdem die Einspritzimpulsdauer T_i vorgegeben ist, geht die Routine zu Schritt S81, in dem die Bezugnahme auf die Kraftstoffeinspritz-Startwinkeltabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, erfolgt und ein Kraftstoffeinspritz-Startwinkel $IJsa$ auf der Basis des oberen Kompressionstotpunkts des entsprechenden Zylinders vorgegeben wird. Dann wird in Schritt S82 ein Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt $IJST$ auf der Basis des Kraftstoffeinspritz-Startwinkels $IJsa$ vorgegeben, und die Routine endet.

[0468] Wenn also FHPNG = 1, d. h. wenn das Hoch-

druck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird das Umgehungswählventil 29 geöffnet, um den Niederdruckkraftstoff des Niederdruck-Kraftstoffsystems dem Einspritzer 13 zuzuführen, um den Niederdruckkraftstoff in den Zylinder (die Brennkammer 12) einzuspritzen.

[0469] Wenn also, wie Fig. 16 zeigt, der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt in einem Kompressionshub vorgegeben ist, um die Schichtverbrennung auszuführen, kann die Druckdifferenz zwischen dem Druck des aus dem Einspritzer 13 eingespritzten Niederdruckkraftstoffs und dem Zylinderdruck nicht hinreichend gewährleistet werden, und die Kraftstoffeinspritzmenge kann durch die Einspritzventil-Öffnungsperiode des Einspritzers 13 auf der Basis der Einspritzimpulsdauer T_i nicht exakt dosiert werden, so daß die Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung schlechter wird.

[0470] Wenn somit das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird eine für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Einspritzimpulsdauer T_i auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, in Abhängigkeit von dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffs (0,2 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform) vorgegeben, und ein Kraftstoffeinspritzzeitpunkt wird am Ende eines Auslaßhubs oder bei dem Ansaughub vorgegeben, um die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung zu erzielen.

[0471] Somit kann die Kraftstoffeinspritzmenge durch die Einspritzventil-Öffnungsperiode des Einspritzers 13 auf der Basis der Einspritzimpulsdauer T_i exakt dosiert werden, und es ist dadurch möglich, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu vermeiden.

[0472] Als Ergebnis der oben beschriebenen Schritte wird die für jedes der Verbrennungssysteme geeignete Zündung in der $\theta 1$ -Kurbelwinkel-Unterbrechungsroutine gemäß Fig. 9 ausgeführt, die synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ ausgeführt wird.

[0473] Wenn ferner FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, werden die Daten eines Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll und die der Schichtverbrennung in der oben beschriebenen Zylinderbestimmungs-/Motordrehzahlberechnungsroutine entsprechen, ausgelesen, und der aktuelle Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST und die Einspritzimpulsdauer T_i , die der in der oben beschriebenen Kraftstoffeinspritz-Steuerroutine vorgegebenen Schichtverbrennung entsprechen, werden von der $\theta 1$ -Kurbelimpuls-

puls-Unterbrechungsroutine ausgelesen.

[0474] Dann wird der Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt UJST in dem Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber für einen Zylinder, in den die Einspritzung erfolgen soll, gesetzt, und die Einspritzimpulsdauer T_i wird in dem Kraftstoffeinspritz-Taktgeber gesetzt. Synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ wird der Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber gestartet, um die für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzung auszuführen.

[0475] Nachstehend wird die $\theta 1$ -Kurbelimpuls-Unterbrechungsroutine gemäß Fig. 9 beschrieben.

[0476] Diese $\theta 1$ -Kurbelimpuls-Unterbrechungsroutine wird jedesmal ausgeführt, wenn ein Kurbelimpuls $\theta 1$ entsprechend dem Motorbetrieb eingegeben wird. In den Schritten S91 und S92 werden Daten eines Zylinders, in den die Einspritzung erfolgen soll, in der Zylinderbestimmungs-/Motordrehzahlberechnungsroutine ausgelesen, und in der Zündungssteuerroutine werden der aktuelle Erregungsstartzeitpunkt TDWL und der Zündzeitpunkt TADV ausgelesen. Dann werden in dem Erregungszeitpunkt-Taktgeber und dem Zündzeitpunkt-Taktgeber eines Zylinders, der gezündet werden soll, der Erregungsstartzeitpunkt TDWL bzw. der Zündzeitpunkt TADV gesetzt, und die jeweiligen Taktgeber werden gestartet.

[0477] Dann erfolgt in Schritt S93 die Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FH-PNG in der Hochdruck-Kraftstoffsystem-Diagnoseroutine. Bei FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S94, in dem die Bezugnahme auf das Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB erfolgt.

[0478] Bei FCOMB = 1, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, endet die Routine unmittelbar.

[0479] Wenn dagegen das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, geht die Routine von Schritt S94 zu Schritt S95, in dem Daten eines Zylinders #i, in den während der Schichtverbrennung eine Einspritzung erfolgen soll und der durch die Zylinderbestimmungs-/Motordrehzahl-Berechnungsroutine bestimmt worden ist, ausgelesen, und der aktuelle Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST, der von der Kraftstoffeinspritz-Steuerroutine vorgegeben wurde, wird ausgelesen.

[0480] Dann wird der Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt UJST in einen Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber für einen Zylinder #i, in den eine Einspritzung erfolgen soll, gesetzt, und der Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber wird gestartet.

[0481] Dann wird in Schritt S96 die aktuelle Einspritzimpulsdauer T_i , die in der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine vorgegeben worden ist, ausgelesen, und die Einspritzimpulsdauer T_i wird in einen Kraftstoffeinspritz-Taktgeber für einen Zylinder $\#i$, in den eine Einspritzung erfolgen soll, gesetzt. Dann endet die Routine.

[0482] Durch die Zündungssteueroutine werden der Erregungsstartzeitpunkt TDWL und der Zündzeitpunkt TADV auf der Basis der Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 entweder während der Schichtverbrennung oder der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung so vorgegeben, daß sie mit einem Wert vorgegeben sind, der für jedes der Verbrennungssysteme in Abhängigkeit von dem Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG und dem Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB geeignet sind.

[0483] Der Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST und die Einspritzimpulsdauer T_i werden ebenfalls mit Werten vorgegeben, die für jedes der Verbrennungssysteme in Abhängigkeit mit dem Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB geeignet sind.

[0484] Wenn dabei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, werden der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt IJST und die Einspritzimpulsdauer vorgegeben, die für die Schichtverbrennung geeignet sind. Außerdem werden in den Schritten S95 und S96 der aktuelle Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST und die Einspritzimpulsdauer T_i , die für die Schichtverbrennung geeignet sind, ausgelesen, um in den Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber bzw. den Kraftstoffeinspritz-Taktgeber gesetzt zu werden. Ferner wird zu diesem Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST auf der Basis der Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 vorgegeben.

[0485] Wenn also FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird der Einspritzstarttaktgeber in Schritt S95 dieser Routine gestartet, die synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 ausgeführt wird, und die Taktsteuerung des Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkts IJST wird gestartet.

[0486] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und bei FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, ist dann, wenn diese Routine durch die Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 bei BTDC des Zylinders $\#2$ ausgeführt wird, wie das Impulsdigramm in Fig. 14 zeigt, der zu zündende Zylinder der Zylinder $\#2$, und der Zylinder, in den eine Einspritzung erfolgen soll, ist der Zylinder $\#2$, was bestimmt wurde, als der letzte Kurbelimpuls θ_2 eingegeben wurde.

[0487] Zum leichteren Verständnis der Erfindung, wie sie in den Fig. 14 und 15 gezeigt ist, wird derselbe Zylinder (Zylinder $\#2$) beschrieben. Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und die Schichtverbrennung gewählt ist, wird der Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber für einen entsprechenden Zylinder durch die Eingabe des Kurbelimpulses θ_1 bei einem Kurbelwinkel vor dem oberen Kompressionsstotpunkt des entsprechenden Zylinders gestartet, wie Fig. 14 zeigt.

[0488] Zu diesem Zeitpunkt wird der Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST, der durch die umgekehrte Operation seit dem Zündzeitpunkt TADV mittels der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine vorgegeben worden ist und für die Schichtverbrennung geeignet ist, in den Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber gesetzt. Dieser Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST definiert den für die Ausführung der Schichtverbrennung geeigneten Zeitpunkt, wobei nach der Einspritzung des Kraftstoffs vor der Zündung auf der Basis des Zündzeitpunkts TADV der Kraftstoffstrahl aus dem Einspritzer 13 infolge des Ansaugluftstroms des Zylinders einen Bereich zwischen Entladungselektroden der Zündkerze 14 erreicht, und der hintere Endbereich des Kraftstoffstrahls wird durch die Zündkerze 14 gezündet.

[0489] Wenn die durch den Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber getaktete Zeit den Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST erreicht, wird die IJST-Unterbrechungsroutine gemäß Fig. 11 gestartet. In Schritt S11 wird der Kraftstoffeinspritz-Taktgeber für den entsprechenden Zylinder gestartet, und die Routine endet.

[0490] Infolgedessen wird ein Einspritzertreibersignal, das auf der Einspritzimpulsdauer T_i basiert, die in den Kraftstoffeinspritz-Taktgeber gesetzt worden ist, an den Einspritzer 13 für den jeweiligen Zylinder (siehe Fig. 14) ausgegeben, so daß eine vorbestimmte Kraftstoffmenge, die durch die der Einspritzimpulsdauer T_i entsprechende Einspritzventil-Öffnungsperiode bestimmt ist, aus dem Einspritzer 13 für den entsprechenden Zylinder eingespritzt wird.

[0491] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird das Umgehungswählventil 29, das in dem Kraftstoffumgehungskanal 21d vorgesehen ist, durch die Umgehungswählventil-Steueroutine geschlossen, und ein Hochdruckkraftstoff, der durch die Hochdruckpumpe 25 druckbeaufschlagt wird, um durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 auf einen vorbestimmten gesteuerten Druck P_{fB} reguliert zu werden, wird ebenso wie bei herkömmlichen Systemen dem Einspritzer 13 zugeführt.

[0492] Wenn ferner FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn

FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer T_i wie folgt so vorgegeben, daß sie einen geeigneten Wert hat. Dabei wird von der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, eine für die Schichtverbrennung geeignete Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF vorgegeben, und die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF wird in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB in eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p umgewandelt.

[0493] Ferner wird die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p so vorgegeben, daß die Änderung der tatsächlichen Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p kompensiert wird. Dann wird die Einspritzimpulsdauer T_i so vorgegeben, daß die von dem Einspritzer 13 tatsächlich eingespritzte Kraftstoffeinspritzmenge mit einer erforderlichen Einspritzmenge übereinstimmt, die in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand vorgegeben wird.

[0494] Somit ist der dem Einspritzer 13 zugeführte Kraftstoffdruck mit der Einspritzimpulsdauer T_i kompatibel, und eine geeignete Kraftstoffmenge, die einer erforderlichen Kraftstoffmenge entspricht, welche in Abhängigkeit von der Einspritzimpulsdauer T_i dosiert und für die Schichtverbrennung geeignet ist und eine vorbestimmte Ausgangsleistung in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand sicherstellt, wird von dem Einspritzer 13 des entsprechenden Zylinders eingespritzt.

[0495] Wenn ferner FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird der für die Schichtverbrennung geeignete Zündzeitpunkt TADV durch die Zündungs-Steueroutine vorgegeben, und der Erregungsstartzeitpunkt TDWL wird von der Zündungssteuerroutine auf der Basis des Zündzeitpunkts TADV vorgegeben.

[0496] In den Schritten S91 und S92 der 01-Kurbelimpuls-Unterbrechungsroutine werden der aktuelle Erregungsstartzeitpunkt TDWL und der aktuelle Zündzeitpunkt TADV, die für die Schichtverbrennung geeignet sind, ausgelesen und in den Erregungsstartzeitpunkt-Taktgeber bzw. den Zündzeitpunkt-Taktgeber für den entsprechenden Zylinder gesetzt, und der Erregungsstartzeitpunkt-Taktgeber und der Zündzeitpunkt-Taktgeber werden ebenfalls synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses 01 bei BTDC des entsprechenden Zylinders gestartet.

[0497] Wenn dann die durch den Erregungsstartzeitpunkt-Taktgeber getaktete Zeit den Erregungs-

startzeitpunkt TDWL erreicht, wird die TDWL-Unterbrechungsroutine von Fig. 12 gestartet. In Schritt S121 wird ein Erregungssignal an einen entsprechenden Zylinder von der ECU 50 durch die für den entsprechenden Zylinder vorgegebene Erregungsdauer (siehe Fig. 14) an den Zünder 16 ausgegeben, und die Erregung der Zündspule 15 des entsprechenden Zylinders wird gestartet.

[0498] Wenn danach die von dem Zündzeitpunkt-Taktgeber getaktete Zeit den Zündzeitpunkt TADV erreicht, der in den Zündzeitpunkt-Taktgeber gesetzt worden ist und für die Schichtverbrennung geeignet ist, wird die TADV Unterbrechungsroutine von Fig. 13 gestartet. In Schritt S131 wird die Erregungsdauer der Zündspule 15 des entsprechenden Zylinders unterbrochen, und die Routine endet.

[0499] Infolgedessen wird in der Zündspule 15 des entsprechenden Zylinders eine hohe Sekundärspannung erzeugt, und die Entladungselektrode der Zündkerze 14 des entsprechenden Zylinders wird gezündet.

[0500] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und bei FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird der Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST durch die umgekehrte Operation auf der Basis des Zündzeitpunkts TADV vorgegeben, wie oben beschrieben.

[0501] Wenn daher der Kraftstoffstrahl aus dem Einspritzer 13 mit Sicherheit einen Bereich zwischen den Entladungselektroden der Zündkerze 14 infolge des Ansaugluftstroms des Zylinders erreicht hat, wird die Zündkerze 14 des entsprechenden Zylinders gezündet, um den hinteren Endbereich des Kraftstoffstrahls zu verbrennen, so daß Flammen in dem Luft-/Kraftstoff-Gemisch des Kraftstoffstrahls sich ausbreiten und die Schichtverbrennung ausführen.

[0502] Somit kann während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten, wenn FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, die Schichtverbrennung den Kraftstoffverbrauch und den Abgasausstoß verbessern.

[0503] Wenn andererseits FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und FCOMB = 1, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, oder wenn FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, werden Daten eines Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, die der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung entsprechen, ausgelesen, und der aktuelle Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST und die Einspritzimpulsdauer T_i , die in der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine vorgegeben wurden und die der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung entsprechen, werden in einer 02-Kurbelimpulsunter-

brechungsroutine von Fig. 10, die synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses θ_2 startet, ausgelesen.

[0504] Dann wird der Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST in den Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber des Zylinders, in den eine Einspritzung erfolgen soll, gesetzt, und die Einspritzimpulsdauer wird in den Kraftstoffeinspritz-Taktgeber gesetzt. Der Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber wird synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses θ_2 gestartet, um die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzung auszuführen.

[0505] Nachstehend wird die θ_2 -Kurbelimpuls-Unterbrechungsroutine gemäß Fig. 10 beschrieben. In Schritt S101 nimmt die Hochdruck-Kraftstoffsystem-Diagnoseroutine auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG Bezug. Bei FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, erfolgt ein Sprung zu Schritt S103. Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S102, in dem die Bezugnahme auf das Verbrennungssystem-Bestimmungslage FCOMB erfolgt.

[0506] Wenn dann FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, endet die Routine unmittelbar.

[0507] Wenn dagegen das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und FCOMB = 1, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, oder wenn FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, geht die Routine von dem jeweiligen Schritt zu Schritt S103, in dem Daten eines Zylinders #i, in den während der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung eine Einspritzung erfolgen soll und der durch die Zylinderbestimmungs-/Motordrehzahlberechnungsroutine bestimmt worden ist, ausgelesen werden und der aktuelle Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST, der von der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine vorgegeben worden ist, ausgelesen wird. Außerdem wird der Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST in den Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber des Zylinders #i, in den eine Einspritzung erfolgen soll, gesetzt, und der Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber wird gestartet.

[0508] Dann wird in Schritt S104 die aktuelle Einspritzimpulsdauer T_i , die von der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine vorgegeben wurde, ausgelesen, und diese Einspritzimpulsdauer T_i wird in den Kraftstoffeinspritz-Taktgeber des Zylinders #i, in den eine Einspritzung erfolgen soll, gesetzt. Dann endet die Routine.

[0509] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und bei FCOMB = 1, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, oder bei FHPNG = 1, d. h.

wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt IJST, der durch die umgekehrte Operation auf der Basis des oberen Kompressionstoppunkts des entsprechenden Zylinders vorgegeben worden ist und für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, vorgegeben, und die Einspritzimpulsdauer T_i zum Erhalt der Kraftstoffeinspritzmenge, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und zum Erhalt der vorbestimmten Motorleistung, die dem Motorbetriebszustand zu diesem Zeitpunkt entspricht, wird vorgegeben.

[0510] Daher werden in den Schritten S103 und S104 der aktuelle Kraftstoffeinspritz-Startzeitpunkt IJST und die aktuelle Einspritzimpulsdauer T_i , die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, ausgelesen, um in den Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber und den Kraftstoffeinspritz-Taktgeber gesetzt zu werden. Außerdem wird, wie Fig. 15 zeigt, der Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber des entsprechenden Zylinders durch die Eingabe des Kurbelimpulses θ_2 zwei Impulse vor dem oberen Kompressionstoppunkt des entsprechenden Zylinders gestartet.

[0511] Wenn dann die durch den Einspritzstartzeitpunkt-Taktgeber getaktete Zeit den Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST erreicht, wird die IJST-Unterbrechungsroutine gemäß Fig. 11 gestartet, und der Kraftstoffeinspritz-Taktgeber des entsprechenden Zylinders wird in Schritt S111 gestartet. Dann endet die Routine.

[0512] Infolgedessen wird ein Einspritzertreibersignal, das auf der Einspritzimpulsdauer T_i basiert, die in den Kraftstoffeinspritz-Taktgeber gesetzt wurde, an den Einspritzer 13 des entsprechenden Zylinders ausgegeben (siehe Fig. 15), und eine vorbestimmte Kraftstoffmenge, die durch die Einspritzventilöffnungsperiode entsprechend der Einspritzimpulsdauer T_i dosiert ist, wird eingespritzt.

[0513] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird das in dem Kraftstoffumgehungs kanal 21d vorgesehene Umgehungswählventil 29 von der Umgehungswählventil-Steueroutine geöffnet, und ein Hochdruckkraftstoff, der von der Hochdruckpumpe 25 mit Druck beaufschlagt ist, der durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck Pfb reguliert wird, wird dem Einspritzer 13 zugeführt.

[0514] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und bei FCOMB = 1, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer T_i auf die folgende Weise so vorgegeben, daß sie einen geeigneten Wert hat. Dabei wird eine für die

gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF von der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, vorgegeben, und die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF wird in eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PFB umgewandelt.

[0515] Ferner wird die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p so vorgegeben, daß die Änderung der tatsächlichen Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p kompensiert wird. Dann wird die Einspritzimpulsdauer T_i so vorgegeben, daß die tatsächliche Kraftstoffeinspritzmenge, die von dem Einspritzer 13 eingespritzt wird, mit einer erforderlichen Einspritzmenge übereinstimmt, die in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand vorgegeben ist.

[0516] Wenn also $FHPNG = 0$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn $FCOMB = 1$, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, dann ist der Druck des dem Einspritzer 13 zugeführten Hochdruckkraftstoffs mit der Einspritzimpulsdauer T_i kompatibel, und von dem Einspritzer 13 wird in den entsprechenden Zylinder eine geeignete Kraftstoffmenge eingespritzt, die einer erforderlichen Einspritzmenge entspricht, die in Abhängigkeit mit der Einspritzimpulsdauer T_i so dosiert ist, daß sie für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und die eine vorbestimmte Motorleistung mit einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand zu diesem Zeitpunkt erzielt.

[0517] Wenn dagegen $FHPNG = 1$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird das in dem Kraftstoffumgehungskanal 21d befindliche Umgehungswählventil 29 von der Umgehungswählventil-Steueroutine geöffnet, um die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem über den Kraftstoffumgehungskanal 21d herzustellen, so daß Niederdruckkraftstoff, der von der Zuführungspumpe 24 zugeführt und durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert worden ist, dem Einspritzer 13 ungeachtet des Hochdruckkraftstoffs zugeführt wird, der von der Hochdruckpumpe und der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 zugeführt wird.

[0518] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die Einspritzimpulsdauer T_i von der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, so vor-

gegeben, daß sie mit dem Druck des Niederdruckkraftstoffs, der von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 reguliert wird, übereinstimmt und für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist.

[0519] Außerdem wird die Einspritzimpulsdauer T_i so vorgegeben, daß die von dem Einspritzer eingespritzte tatsächliche Kraftstoffeinspritzmenge einer erforderlichen Einspritzmenge entspricht, während gleichzeitig der Druck des dem Einspritzer 13 zugeführten Kraftstoffs der Druck eines durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffs ist.

[0520] Auch wenn also $FHPNG = 1$, d. h. auch wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, so ist der Druck des dem Einspritzer zugeführten Niederdruckkraftstoffs mit der Einspritzimpulsdauer T_i kompatibel, und eine einer erforderlichen Einspritzmenge entsprechende geeignete Kraftstoffmenge, die in Abhängigkeit von der Einspritzimpulsdauer T_i so dosiert ist, daß sie für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und die eine vorbestimmte Motorleistung in Abhängigkeit von dem momentanen Motorbetriebszustand sicherstellt, wird von dem Einspritzer 13 des entsprechenden Zylinders eingespritzt.

[0521] Da ferner zu diesem Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt bei dem Ende eines Auslaßhubs oder einem Ansaughub, wobei der Zylinderdruck niedrig ist, durch den Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST in Abhängigkeit von der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung vorgegeben ist, so ist die Druckdifferenz zwischen dem Druck des aus dem Einspritzer 13 eingespritzten Niederdruckkraftstoffs und dem Zylinderdruck hinreichend gewährleistet, und die Kraftstoffeinspritzmenge kann durch die Einspritzventil-Öffnungsperiode des Einspritzers 13 exakt dosiert werden, so daß es möglich ist, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung zu verhindern.

[0522] Danach wird die 01-Kurbelimpuls-Unterbrechungsroutine durch den Kurbelimpuls 01 bei BTCD des entsprechenden Zylinders gestartet. Dann werden der aktuelle Erregungsstartzeitpunkt TDWL und der Zündzeitpunkt TADV in dem Erregungsstartzeitpunkt-Taktgeber und dem Zündzeitpunkt-Taktgeber für den entsprechenden Zylinder gesetzt, und die jeweiligen Taktgeber werden gestartet.

[0523] Bei $FHPNG = 0$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und bei $FCOMB = 1$, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, oder bei $FHPNG = 1$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, sind der Zündzeitpunkt TADV, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und der

Erregungsstartzeitpunkt TDWL auf der Basis des Zündzeitpunkts TADV durch die Zündungssteueroutine vorgegeben worden.

[0524] Daher werden in den Schritten S91 und S92 der $\theta 1$ -Kurbelimpuls-Unterbrechungsroutine der aktuelle Erregungsstartzeitpunkt TDWL und der aktuelle Zündzeitpunkt TADV, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, ausgelesen, um in den Erregungsstartzeitpunkt-Taktgeber bzw. den Zündzeitpunkt-Taktgeber für den jeweiligen Zylinder gesetzt zu werden, und der Erregungsstartzeitpunkt-Taktgeber und der Zündzeitpunkt-Taktgeber für den entsprechenden Zylinder werden synchron mit der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ bei BTDC des entsprechenden Zylinders gestartet.

[0525] Wenn dann die durch den Erregungsstart-Taktgeber getaktete Zeit den Erregungsstartzeitpunkt TDWL erreicht, wird die TDWL-Unterbrechungsroutine von Fig. 12 gestartet. In Schritt S121 wird ein Erregungssignal für den entsprechenden Zylinder von der ECU 50 an den Zünder 16 durch die Schließwinklereinstellung des entsprechenden Zylinders ausgegeben (siehe Fig. 15), und die Erregungsdauer (der Schließwinkel) der Zündspule 15 des entsprechenden Zylinders wird gestartet.

[0526] Danach erreicht die von dem Zündzeitpunkt-Taktgeber getaktete Zeit den Zündzeitpunkt TADV, der in dem Zündzeitpunkt-Taktgeber so vorgegeben ist, daß er an die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung angepaßt ist, die TADV-Unterbrechungsroutine von Fig. 13 wird gestartet, und in Schritt S131 wird die Erregung der Zündspule 15 des entsprechenden Zylinders unterbrochen. Somit wird in der Zündspule 15 des entsprechenden Zylinders eine hohe Sekundärspannung erzeugt, und die Entladungselektrode der Zündkerze 14 des entsprechenden Zylinders wird gezündet.

[0527] Wie oben beschrieben, ist der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt IJST während der gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung zu dem Auslaßhubende oder bei dem Ansaughub durch die umgekehrte Operation auf der Basis des oberen Kompressionstotpunkts des entsprechenden Zylinders vorgegeben, und die Kraftstoffeinspritzung wird gestartet, wenn ein geeigneter gleichmäßiger vorgemischter Zustand des Kraftstoffstrahls und Frischluft während der Zündung erhalten werden können.

[0528] Daher wird in dem Zustand, in dem der eingespritzte Kraftstoff in der Brennkammer 12 ausreichend mit Frischluft vermischt ist, d. h. in dem gleichmäßigen vorgemischten Zustand, in dem der Kraftstoffstrahl hinreichend verteilt ist, die Zündung ausgeführt, so daß das Luft-/Kraftstoff-Gemisch in dem gleichmäßigen vorgemischten Verbrennung sofort verbrannt wird.

[0529] Wenn dann FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten normal ist, kann ein hoher mittlerer effektiver Druck durch die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung erzielt werden, so daß es möglich ist, eine erforderliche Motorleistung zu gewährleisten und die Motorleistung zu verbessern.

[0530] Wenn außerdem FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird der Niederdruckkraftstoff des Niederdruck-Kraftstoffsystems dem Einspritzer 13 direkt zugeführt, und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung wird durch die frühe Einspritzung ungeachtet der Wahl des Kraftstoffverbrennungssystems ausgeführt, so daß es möglich ist, eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung infolge des abnormalen Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems und eine Verschlechterung des Motorverbrennungszustands zu verhindern.

ZWEITE AUSFÜHRUNGSFORM

[0531] Unter Bezugnahme auf Fig. 24 wird nachstehend die zweite bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0532] Bei der oben beschriebenen ersten bevorzugten Ausführungsform ist die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle vorgesehen, um darin die Einspritzimpulsdauer T_i zu speichern, die zum Erhalt der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge geeignet ist, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit dem Druck des Niederdruckkraftstoffs geeignet ist, der durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 reguliert wird, und zwar unter Nutzung der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH als Parameter.

[0533] Bei FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Einspritzimpulsdauer T_i auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, in Abhängigkeit von dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgegeben unter Bezugnahme auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle.

[0534] Wenn dagegen bei der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird ähnlich dem Fall, in dem das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, eine für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF durch eine Gleichmäßige-gemischte-Verbrennungsperiode-Grundeinspritzmengentabelle vorgegeben, und die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF wird durch

die Grund-Einspritzimpulsdauertabelle in eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p in Abhängigkeit von einem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} vorgegeben.

[0535] Wenn ferner das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird ein Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS für die Korrektur zur Erhöhung der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p in Abhängigkeit von dem Druck eines durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffs vorgegeben. Dieser Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS wird in eine Operationsgleichung für die Einspritzimpulsdauer T_i eingeführt, so daß die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} vorgegeben worden ist, korrigiert wird, um in Abhängigkeit von dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffs erhöht zu werden, um kurz eine Einspritzimpulsdauer T_i vorzugeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, in Abhängigkeit von dem Druck des Niederdruckkraftstoffs, der von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 reguliert wird, vorzugeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0536] Es ist somit möglich, die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle entfallen zu lassen, so daß die Mannstunden für das Einrichten der Daten der Einspritzimpulsdauer T_i , die in der Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle gespeichert werden, und die Speicherkapazität des Speichers (ROM 52), die von der Tabelle genutzt wird, verringert werden.

[0537] Da ferner ein einziger Abnormale-Periode-Korrekturfaktor verwendet werden kann, können die Einstellvorgänge der Einspritzimpulsdauer T_i während normaler und abnormaler Zustände des Hochdruck-Kraftstoffsystems in gewissem Umfang gemeinsam genutzt werden, um die Steuerung gegenüber der ersten bevorzugten Ausführungsform zu vereinfachen, so daß die zum Einrichten der Daten benötigten Mannstunden erheblich reduziert werden können.

[0538] Insbesondere wird bei dieser bevorzugten Ausführungsform eine Kraftstoffeinspritz-Steerroutine gemäß Fig. 24 anstelle der Kraftstoffeinspritz-Steerroutine gemäß Fig. 8 bei der ersten bevorzugten Ausführungsform verwendet.

[0539] Ferner sind die anderen Routinen die gleichen wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform, so daß ihre Beschreibungen entfallen. Außerdem werden in der Kraftstoffeinspritz-Steerroutine gemäß Fig. 24 für die gleichen Schritte wie bei der

ersten bevorzugten Ausführungsform die gleichen Bezugszeichen verwendet, und die detaillierte Beschreibung entfällt.

[0540] Nachstehend wird die Kraftstoffeinspritz-Steerroutine von Fig. 24 beschrieben.

[0541] Ebenso wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform wird die Kraftstoffeinspritz-Steerroutine gemäß Fig. 24 zu jeder vorbestimmten Periode (z. B. 10 ms) nach der Systeminitialisierung ausgeführt. Zuerst erfolgt in Schritt S71 die Bezugnahme auf ein Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG. Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S201, in dem ein Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS zur Erhöhung einer Grund-Einspritzimpulsdauer T_p während des abnormalen Zustands des Hochdruck-Kraftstoffsystems mit „1,0“ ($KFS \leftarrow 0$) vorgegeben wird.

[0542] Wenn also FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird das Umgehungswählventil 29 von der Umgehungswählventil-Steerroutine geschlossen, so daß ein Hochdruckkraftstoff, der durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 reguliert wird, dem Einspritzer 13 zugeführt wird. Die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , die ein von dem Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS zu korrigierendes Objekt ist, wird in Abhängigkeit von einem gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} ($= 7 \text{ MPa}$), der von der H 27 reguliert wird, mittels eines noch zu beschreibenden Prozesses vorgegeben. Ferner wird der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor K_p als Multiplikations-Term für die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p gegeben, wie Schritt S202 zeigt, der noch beschrieben wird.

[0543] Wenn also FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS mit „1,0“ vorgegeben, so daß in dem Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS keine Korrekturen erfolgen.

[0544] Danach geht die Routine zu Schritt S72, in dem die Bezugnahme auf ein Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB erfolgt.

[0545] Wenn dann FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, geht die Routine zu Schritt S72, in dem die Bezugnahme auf eine Schichtverbrennungsperiode-Grund-Einspritzmengentabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, erfolgt, um eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF entsprechend einer erforderlichen Einspritzmenge vorzugeben, die für die Schichtverbrennung geeignete ist und die zum Erhalt eines vorbestimmten Motorleistung dient.

[0546] Nachdem die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF vorgegeben ist, geht die Routine zu Schritt S74, in dem die Bezugnahme auf eine Grund-Einspritzimpulsdauertabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF erfolgt, um für den Einspritzer 13 eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p vorzugeben, die dazu dient, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF mit einem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} (= 7 MPa) zu erhalten.

[0547] Anschließend erfolgt in Schritt S75 eine Bezugnahme auf eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis eines von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektierten Kraftstoffdrucks P_f und der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p vorzugeben.

[0548] Ebenso wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform umfaßt der Bereich des Kraftstoffdrucks als ein Parameter in der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle Kraftstoffdrücke in einem praktischen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems im Hinblick auf den Anstiegsvorgang des Kraftstoffdrucks P_f während des Hochfahrens, so daß er in dem Bereich von z. B. 1 MPa bis 9 MPa vorgegeben ist.

[0549] Dann wird in Schritt S202 die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p und einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Korrekturfaktor KA/F multipliziert, um die Druckkorrektur und die Korrektur des Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses auszuführen, und mit dem Korrekturfaktor KFS multipliziert, der in Schritt S201 vorgegeben wurde, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer T_i für den Einspritzer 13 vorzugeben ($T_i \leftarrow T_p \times K_p \times KA/F \times KFS$).

[0550] Zu diesem Zeitpunkt ist der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS , wie oben beschrieben, mit $KFS = 1,0$ vorgegeben worden. Wenn also das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Erhöhungskorrektur unter Anwendung des Abnormale-Periode-Korrekturfaktors KFS nicht ausgeführt, und eine für die Schichtverbrennung geeignete Einspritzimpulsdauer T_i wird in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} vorgegeben.

[0551] Bei $FHPNG = 0$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird also das Umgehungswählventil 29, das in dem Kraftstoffumgehungskanal 21d vorgesehen ist, durch die Umgehungswählventil-Steuerroutine geschlossen, und der Hochdruckkraftstoff, der von der Hochdruckpumpe 25 mit Druck beaufschlagt wird, um durch die Hoch-

druck-Reguliereinrichtung 27 auf den vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} reguliert zu werden, wird dem Einspritzer auf die übliche Weise zugeführt.

[0552] Wenn dann $FHPNG = 0$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn $FCOMB = 0$, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer T_i wie folgt so vorgegeben, daß sie einen geeigneten Wert hat. Dabei wird eine für die Schichtverbrennung geeignete Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, vorgegeben, und die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF wird in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} in eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p umgewandelt.

[0553] Ferner wird die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p so vorgegeben, daß die Änderung der tatsächlichen Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks P_f des Hochdruck-Kraftstoffsystems durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_g kompensiert wird. Dann wird die Einspritzimpulsdauer T_i so vorgegeben, daß die tatsächliche Kraftstoffeinspritzmenge, die von dem Einspritzer 13 eingespritzt wird, mit einer erforderlichen Kraftstoffmenge übereinstimmt, die in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand vorgegeben wird.

[0554] Somit ist der dem Einspritzer 13 zugeführte Kraftstoffdruck mit der Einspritzimpulsdauer T_i kompatibel, und bei $FHPNG = 0$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und bei $FCOMB = 0$, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, kann eine geeignete Kraftstoffmenge, die der erforderlichen Einspritzmenge entspricht und an die Schichtverbrennung angepaßt ist und einen vorbestimmten Ausgangsleistung entsprechend dem Motorbetriebszustand zu diesem Zeitpunkt gewährleistet, aus dem Einspritzer 13 des jeweiligen Zylinders ähnlich wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform eingespritzt werden.

[0555] Dann erfolgt in Schritt S203 wiederum die Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag $FHPNG$. Bei $FHPNG = 0$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S77, in dem die Bezugnahme auf das Verbrennungssystem-Bestimmungsflag $FCOMB$ erfolgt.

[0556] Bei $FCOMB = 0$, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, geht die Routine zu Schritt S78, in dem die Bezugnahme auf eine Kraftstoffeinspritzendzeitpunkt-Tabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands erfolgt, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, um einen Kraftstoffeinsprit-

zende-Zeitpunkt IJEND vorzugeben.

[0557] Dann wird in Schritt S79 ein Zündzeitpunkt TADV von der Zündungssteuerroutine ausgelesen, und ein Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST, der auf der Eingabe des Kurbelimpulses $\theta 1$ basiert, wird durch Subtraktion des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts IJEND und der Einspritzimpulsdauer T_i von der Zündzeitpunkt TADV vorgegeben. Dann endet die Routine.

[0558] Wenn andererseits FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn FCOMB = 1 in Schritt S72, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, geht die Routine von Schritt S72 zu Schritt S80, in dem die Bezugnahme auf eine Gleichmäßige-vorgemischte-Verbrennungsperiode-Grundeinspritzmengentabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, erfolgt, und eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und zum Erhalt eines vorbestimmten Ausgangs-Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses genutzt wird, wird vorgegeben.

[0559] Nachdem die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF vorgegeben ist, geht die Routine zu Schritt S74, in dem die Bezugnahme auf eine Grund-Einspritzimpulsdauertabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF erfolgt, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p für den Einspritzer 13 vorzugeben, die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF mit einem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck Pfb genutzt wird.

[0560] Dann erfolgt in Schritt S75 die Bezugnahme auf eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektierten Kraftstoffdrucks Pf und der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor Kp vorzugeben.

[0561] Dann wird in Schritt S202 die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor Kp, einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrekturfaktor KA/F und einem Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS multipliziert, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer T_i für den Einspritzer 13 vorzugeben ($T_i \leftarrow T_p \times K_p \times KA/F \times KFS$).

[0562] Zu diesem Zeitpunkt wird in Schritt S201 ein Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS mit KFS = 1,0 vorgegeben. Wenn daher das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird die Er-

höhungskorrektur unter Anwendung des Abnormale-Periode-Korrekturfaktors KFS nicht durchgeführt, und eine für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignete Einspritzimpulsdauer T_i wird in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck Pfb vorgegeben.

[0563] Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird das Umgehungswählventil 29, das in dem Kraftstoffumgehungskanal 21d vorgesehen ist, von der Umgehungswählventil-Steuerroutine geöffnet, und ein von der Hochdruckpumpe 25 mit Druck beaufschlagter Hochdruckkraftstoff, der durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck Pfb zu regulieren ist, wird dem Einspritzer 13 zugeführt.

[0564] Wenn dann FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn FCOMB = 1, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, wird die Einspritzimpulsdauer T_i wie folgt so vorgegeben, daß sie einen geeigneten Wert hat. Dabei wird eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, vorgegeben, und die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF wird in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck Pfb in eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p umgewandelt.

[0565] Ferner wird die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p so vorgegeben, daß die Änderung der tatsächlichen Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor Kp kompensiert wird. Dann wird die Einspritzimpulsdauer T_i so vorgegeben, daß die von dem Einspritzer 13 tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge mit einer erforderlichen Einspritzmenge übereinstimmt, die in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand vorgegeben ist.

[0566] Somit ist der Druck des dem Einspritzer 13 zugeführten Hochdruckkraftstoffs mit der Einspritzimpulsdauer T_i kompatibel, und eine geeignete Kraftstoffmenge, die einer erforderlichen Kraftstoffmenge entspricht, die in Abhängigkeit von der Einspritzimpulsdauer T_i dosiert ist und für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und ein vorbestimmtes Motorausgangs-Luft-/Kraftstoff-Verhältnis in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand zu diesem Zeitpunkt erzielt, kann von dem Einspritzer 13 des entsprechenden Zylinders eingespritzt werden.

[0567] Dann erfolgt in Schritt S203 erneut die Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG. Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, erfolgt in Schritt S77 die Bezugnahme auf ein Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB. Bei FCOMB = 1, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, geht die Routine von Schritt S77 zu Schritt S81.

[0568] In Schritt S81 erfolgt die Bezugnahme auf eine Kraftstoffeinspritzstartwinkel-Tabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, um einen Kraftstoffeinspritzstartwinkel IJsa auf der Basis des oberen Kompressionstotpunkts des entsprechenden Zylinders vorzugeben. Anschließend wird in Schritt S82 ein Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt IJST auf der Basis des Kraftstoffeinspritzstartwinkels IJsa vorgegeben, und die Routine endet.

[0569] Wenn dagegen in Schritt S71 FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, geht die Routine ungeachtet der Wahl des Verbrennungssystems zu Schritt S204.

[0570] In Schritt S204 wird dann ein Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS mit einem vorher eingestellten Wert KSET neu vorgegeben ($KFS \leftarrow KSET$).

[0571] Bei FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird das Umgehungswählventil 29 durch die Umgehungswählventil-Steueroutine geöffnet, so daß ein durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierter Niederdruckkraftstoff dem Einspritzer 13 zugeführt wird.

[0572] Außerdem wird bei dieser bevorzugten Ausführungsform auch dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, durch eine Gleichmäßige-vorgemischte-Verbrennungsperiode-Grund-einspritzmengentabelle vorgegeben, und die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF wird durch die Grund-Einspritzimpulsdauertabelle in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PfB (= 7 MPa) in eine Grund-Einspritzimpulsdauer Tp umgewandelt.

[0573] Außerdem wird die Grund-Einspritzimpulsdauer Tp, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PfB (= 7 MPa) vorgegeben wurde, korrigiert, so daß sie durch den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS erhöht wird in Abhängigkeit von dem Druck des Niederdruckkraftstoffs (= 0,2 MPa), der durch die Niederdruck-Reguliereinrich-

tung 28 reguliert wird, um eine Einspritzimpulsdauer Ti vorzugeben, die dem Druck des durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffs entspricht und für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, so daß der dem Einspritzer 13 zugeführte Kraftstoffdruck mit der Einspritzimpulsdauer Ti kompatibel ist.

[0574] Somit wird der voreingestellte Wert KSET für die Vorgabe des Abnormale-Periode-Korrekturfaktors KFS, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wie folgt vorgegeben. Zuerst wird ein Koeffizientenwert zur Korrektur zum Erhöhen der Grund-Einspritzimpulsdauer Tp, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PfB (= 7 MPa) vorgegeben worden ist, zur Erzielung der gleichen Krafteinspritzmenge wie eine erforderliche Einspritzmenge vorher mittels Simulation oder Versuchen abgeleitet, während gleichzeitig der durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierte Niederdruckkraftstoff dem Einspritzer 13 zugeführt wird.

[0575] Der abgeleitete Koeffizientenwert wird als der voreingestellte Wert KSET vorgegeben, um in dem ROM 52 mit Festdaten gespeichert zu werden. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird der voreingestellte Wert KSET beispielsweise mit $KSET = 2 \sim 2,5$ vorgegeben.

[0576] Nachdem der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS vorgegeben ist, geht die Routine zu Schritt S80, in dem die Bezugnahme auf eine Gleichmäßige-vorgemischte-Verbrennungsperiode-Grund-einspritzmengentabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH erfolgt, um eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF vorzugeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und zum Erhalt einer vorbestimmten Ausgangsleistung genutzt wird.

[0577] Dann erfolgt in Schritt S74 die Bezugnahme auf eine Grund-Einspritzimpulsdauertabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer Tp entsprechend einem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck PfB (= 7 MPa) vorzugeben.

[0578] Ferner erfolgt in Schritt S75 die Bezugnahme auf eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektierten Kraftstoffdrucks Pf und der Grund-Einspritzimpulsdauer Tp, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor Kp vorzugeben, und die Routine geht zu Schritt S202.

[0579] In Schritt S202 wird die Grund-Einspritzim-

pulsdauer T_p mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p und einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrekturfaktor KA/F multipliziert und mit dem Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS , der in Schritt S204 neu vorgegeben worden ist, multipliziert, so daß die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} ($= 7 \text{ MPa}$) vorgegeben worden ist, korrigiert wird, um in Abhängigkeit von dem durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs ($= 0,2 \text{ MPa}$) erhöht zu werden, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer T_i für den Einspritzer 13 vorzugeben ($T_i \leftarrow T_p \times K_p \times KA/F \times KFS$).

[0580] Wenn also $FHPNG = 1$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, kann die Einspritzimpulsdauer T_i so vorgegeben werden, daß sie einen geeigneten Wert hat, so daß die tatsächliche Kraftstoffeinspritzmenge, die dem Einspritzer 13 zugeführt wird, mit der erforderlichen Einspritzmenge übereinstimmt, die in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand vorgegeben wird, und zwar in Abhängigkeit von dem durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffs, der dem Einspritzer 13 zuzuführen ist.

[0581] Somit ist der dem Einspritzer 13 zugeführte Kraftstoffdruck mit der Einspritzimpulsdauer T_i kompatibel, und auch bei $FHPNG = 1$, d. h. auch dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, kann eine geeignete Kraftstoffmenge entsprechend einer erforderlichen Einspritzmenge, die in Abhängigkeit von der Einspritzimpulsdauer T_i dosiert wird und für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und eine vorbestimmte Ausgangsleistung in Abhängigkeit von dem Motorbetriebszustand sicherstellt, von dem Einspritzer 13 des entsprechenden Zylinders eingespritzt werden.

[0582] Danach erfolgt in Schritt S203 erneut die Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag $FHPNG$. Bei $FHPNG = 1$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, geht die Routine zu Schritt S205, in dem die Einspritzimpulsdauer T_i mit einem oberen Grenzwert T_{iMAX} verglichen wird, der vorgegeben ist, um die Motorleistung zu begrenzen.

[0583] Wenn also das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, erfolgt die obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer T_i durch den oberen Grenzwert T_{iMAX} , um die Motorleistung zu begrenzen und einen Anstieg des Ausmaßes der Abnormalität des Hochdruck-Kraftstoffsystems zu verhindern und mit Sicherheit eine Verschlechterung der Steuerbarkeit der Kraftstoffeinspritzung infolge der Sicherheitssteuerung zu verhindern, so daß es möglich ist, eine Verschlechterung des Verbrennungszustands des Mo-

tors 1 zu verhindern.

[0584] Wenn dann in Schritt S205 $T_i \leq T_{iMAX}$, d. h. wenn die Einspritzimpulsdauer T_i nicht höher als die obere Grenze T_{iMAX} ist, springt die Routine direkt zu Schritt S81, ohne die obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer T_i auszuführen. Wenn dagegen $T_i > T_{iMAX}$, d. h. wenn die Einspritzimpulsdauer T_i die obere Grenze T_{iMAX} überschreitet, geht die Routine zu Schritt S206, in dem die obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer T_i ausgeführt wird ($T_i \leftarrow T_{iMAX}$), und dann geht die Routine zu Schritt S81.

[0585] In Schritt S81 erfolgt die Bezugnahme auf eine Kraftstoffeinspritzstartwinkel-Tabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition $ALPH$, um einen Kraftstoffeinspritzstartwinkel $IJsa$ auf der Basis des oberen Kompressionstotpunkts des entsprechenden Zylinders vorzugeben. Anschließend wird in Schritt S82 ein Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt $IJST$ auf der Basis des Kraftstoffeinspritzstartwinkels $IJsa$ vorgegeben, und dann endet die Routine.

[0586] Auch wenn bei dieser bevorzugten Ausführungsform $FHPNG = 0$, d. h. auch wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, ist der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS mit $KFS = 1.0$ in die Operationsgleichung der Einspritzimpulsdauer T_i eingeführt, während keine Korrektur durch den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS vorgenommen wird. Die vorliegende Erfindung sollte jedoch nicht darauf beschränkt werden. Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, kann die Vorgabe des Abnormale-Periode-Korrekturfaktors KFS entfallen, und der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS kann in der Operationsgleichung der Einspritzimpulsdauer T_i entfallen. Das heißt, wenn mindestens das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, kann der Abnormale-Periode-Korrekturfaktor KFS für die Korrektur der Erhöhung der Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem Druck des Niederdruckkraftstoffs, der durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 reguliert wird, vorgegeben werden, um die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer vorzugeben.

DRITTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0587] Unter Bezugnahme auf Fig. 25 wird die dritte bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0588] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird der Kraftstoffdruckbereich, der von der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle abgedeckt ist, auf den Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffbereichs er-

weitert, ohne auf den praktikablen Kraftstoffdruckbereich bei den oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt zu sein.

[0589] Wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird ähnlich wie in dem Fall, in dem das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, durch eine Gleichmäßige-vorgemischte-Verbrennungsperiode-Grundeinspritzmenge vorgegeben, und die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF wird durch die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p umgewandelt, die einem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{FB} entspricht.

[0590] Dann wird auf der Basis eines tatsächlichen Kraftstoffdrucks P_f des Hochdruck-Kraftstoffsystems, der von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektiert wird, d. h. auf der Basis des Drucks des dem Einspritzer 13 tatsächlich zugeführten Kraftstoffs, ein Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p vorgegeben unter Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, und die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p wird durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p korrigiert, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer T_i für den Einspritzer 13 vorzugeben.

[0591] Dabei wird der Parameterbereich des Kraftstoffdrucks in der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf den Druck des von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Niederdruckkraftstoffbereichs erweitert, so daß das Umgehungswählventil 29 durch die Umgehungswählventil-Steueroutine geöffnet wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0592] Auch wenn also der von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierte Niederdruckkraftstoff dem Einspritzer 13 zugeführt wird, kann die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{FB} vorgegeben worden ist, durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p in Abhängigkeit von dem tatsächlichen Kraftstoffdruck, der dem Einspritzer 13 zugeführt wird, kompensiert werden, so daß der dem Einspritzer zugeführte Kraftstoffdruck mit der Einspritzimpulsdauer T_i kompatibel ist.

[0593] Somit können die Vorgabeoperationen der Einspritzimpulsdauer T_i , wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal und abnormal ist, durchaus generell genutzt werden, so daß das Steuersystem gegenüber der zweiten bevorzugten Ausführungsform vereinfacht ist.

[0594] Insbesondere wird bei dieser bevorzugten

Ausführungsform eine in Fig. 25 gezeigte Kraftstoffeinspritz-Steueroutine anstelle der Kraftstoffeinspritz-Steueroutinen der oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen verwendet.

[0595] Außerdem sind andere Routinen die gleichen wie in der oben beschriebenen ersten bevorzugten Ausführungsform, so daß ihre Beschreibung entfällt. Ferner werden in der Kraftstoffeinspritz-Steueroutine von Fig. 25 die gleichen Bezugszeichen wie in den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen für die gleichen Schritte verwendet, und eine genaue Beschreibung entfällt.

[0596] Nachstehend wird die Kraftstoffeinspritz-Steueroutine gemäß Fig. 25 beschrieben.

[0597] Ebenso wie bei den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen wird die Kraftstoffeinspritz-Steueroutine gemäß Fig. 25 jeweils zu vorbestimmten Zeiten (z. B. 10 ms) nach der Systeminitialisierung ausgeführt. Zuerst erfolgt in Schritt S71 die Bezugnahme auf ein Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG. Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S72, in dem die Bezugnahme auf ein Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB erfolgt.

[0598] Bei FCOMB = 0, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, geht die Routine zu Schritt S73, in dem die Bezugnahme auf eine Schichtverbrennungsperiode-Grund-Einspritzmengentabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, erfolgt, um eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF entsprechend einer erforderlichen Einspritzmenge vorzugeben, die für die Schichtverbrennung geeignet ist und zur Erzielung einer vorbestimmten Motorleistung dient.

[0599] Nachdem die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF vorgegeben ist, geht die Routine zu Schritt S74, in dem die Bezugnahme auf eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF erfolgt, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p für den Einspritzer 13 vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF mit einem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{FB} (= 7 MPa) zu erreichen.

[0600] Anschließend erfolgt in Schritt S75 die Bezugnahme auf eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektierten Kraftstoffdrucks P_f des Hochdruck-Kraftstoffsystems und der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , um einen

Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p zur Kompensation der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} vorgegeben worden ist, in Abhängigkeit von dem tatsächlichen dem Einspritzer 13 zugeführten Kraftstoffdruck vorzugeben.

[0601] In der bei dieser bevorzugten Ausführungsform verwendeten Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle ist der abgedeckte Kraftstoffdruckbereich auf den von der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 regulierten Druck des Niederdruckkraftstoffbereichs ausgedehnt, ohne auf den praktikablen Kraftstoffdruckbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems begrenzt zu sein.

[0602] Dabei wird die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle wie folgt eingerichtet. Zuerst wird die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} (= 7 MPa) vorgegeben worden ist, für jeden Bereich, der durch den Kraftstoffdruck P_f und die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p definiert ist, korrigiert, und ein Koeffizient, der geeignet ist, um die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF zu erhalten, wird vorher durch Simulation oder Versuche abgeleitet.

[0603] Dann wird dieser Koeffizient als Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p genutzt, und die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle wird als eine Tabelle eingerichtet, die den Kraftstoffdruck P_f und die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p als Parameter verwendet. Die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle wird an einer Serie von Adressen in dem ROM 52 gespeichert.

[0604] Der Kraftstoffdruckbereich, der als Parameter in der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle dient, deckt nicht nur den praktikablen Kraftstoffdruckbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems einschließlich des Anstiegsvorgangs des Kraftstoffdrucks P_f beim Hochfahren ab, sondern deckt auch den Druck des Niederdruckkraftstoffs ab, der durch Zuführen des Niederdruckkraftstoffs zu dem Einspritzer 13 mittels der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 erhalten wird, so daß er so vorgegeben wird, daß er in dem Bereich von beispielsweise 0,2 MPa bis 9 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist.

[0605] Nachdem der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p vorgegeben ist, geht die Routine zu Schritt S76, in dem die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p und einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrekturfaktor KA/F multipliziert wird, um die Kraftstoffdruckkorrektur und die Luft-/Kraftstoff-Verhältniskorrektur auszuführen, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer T_i für den Einspritzer 13 vorzugeben ($T_i \leftarrow T_p \times K_p$

$\times KA/F$).

[0606] Dann erfolgt in Schritt S203 die erneute Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag $FHPNG$. Bei $FHPNG = 0$, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S77, in dem die Bezugnahme auf das Verbrennungssystem-Bestimmungsflag $FCOMB$ erfolgt.

[0607] Bei $FCOMB = 0$, d. h. wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, geht die Routine zu Schritt S78, in dem die Bezugnahme auf eine Kraftstoffeinspritzendzeitpunkt-Tabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition $ALPH$, erfolgt, um einen Kraftstoffeinspritzendzeitpunkt $IJEND$ vorzugeben.

[0608] Dann wird in Schritt S79 ein Zündzeitpunkt $TADV$ von der Zündungssteuerroutine ausgelesen, und ein Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt $IJST$ auf der Basis des Kurbelimpulses θ_1 wird durch die umgekehrte Operation des Kraftstoffeinspritzendzeitpunkt $IJEND$ und der Einspritzimpulsdauer T_i ab dem Zündzeitpunkt $TADV$ vorgegeben. Dann endet die Routine.

[0609] Wenn dagegen $FHPNG = 1$ in Schritt S71, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, oder wenn $FHPNG = 0$ in Schritt S71, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und wenn $FCOMB = 1$, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, geht die Routine von dem jeweiligen Schritt zu Schritt S80, in dem die Bezugnahme auf eine Gleichmäßige-vorgemischte-Verbrennungsperiode-Grundkraftstoffeinspritzmengen-Tabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition $ALPH$, erfolgt, um eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF vorzugeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist und die zum Erhalt eines vorbestimmten Ausgangs-Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses genutzt wird.

[0610] Nachdem die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF vorgegeben ist, geht die Routine zu Schritt S74, in dem die Bezugnahme auf eine Grund-Einspritzimpulsdauertabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF erfolgt, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer T_p für den Einspritzer 13 mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung 27 regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} vorzugeben, die zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF dient.

[0611] Dann erfolgt in Schritt S75 die Bezugnahme auf eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des von dem

Kraftstoffdrucksensor **35** detektierten Kraftstoffdrucks P_f des Hochdruck-Kraftstoffsystems und der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p vorzugeben.

[0612] Dann wird in Schritt S76 die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p mit dem Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p und dem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis-Rückführungskorrekturfaktor $K_{A/F}$ multipliziert, um die Kraftstoffdruckkorrektur und die Luft-/Kraftstoff-Verhältniskorrektur auszuführen, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer T_i für den Einspritzer **13** vorzugeben.

[0613] Dann erfolgt in Schritt S203 eine erneute Bezugnahme auf das Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG. Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, erfolgt in Schritt S77 die Bezugnahme auf ein Verbrennungssystem-Bestimmungsflag FCOMB. Bei FCOMB = 1, d. h. wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, geht die Routine von Schritt S77 zu Schritt S81.

[0614] Wenn andererseits in Schritt S203 FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, geht die Routine zu Schritt S205, in dem die Einspritzimpulsdauer T_i mit einer Obergrenze T_{iMAX} verglichen wird, die vorher vorgegeben wurde, um die Motorleistung zu begrenzen.

[0615] Bei $T_i \leq T_{iMAX}$, d. h. wenn die Einspritzimpulsdauer T_i nicht größer als die Obergrenze T_{iMAX} ist, wird die obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer T_i nicht ausgeführt, und die Routine springt unmittelbar zu Schritt S81. Wenn dagegen $T_i > T_{iMAX}$, d. h. wenn die Einspritzimpulsdauer T_i die Obergrenze T_{iMAX} überschreitet, wird die obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer T_i durch die Obergrenze T_{iMAX} in Schritt S206 ausgeführt ($T_i \leftarrow T_{iMAX}$), und die Routine geht zu Schritt S81.

[0616] In Schritt S81 erfolgt die Bezugnahme auf eine Kraftstoffeinspritzstartwinkel-Tabelle mit der Interpolationsberechnung auf der Basis des Motorbetriebszustands, basierend auf der Motordrehzahl NE und der Gaspedalposition ALPH, um einen Kraftstoffeinspritzstartwinkel I_{Jsa} auf der Basis des oberen Kompressionstoppunkts des entsprechenden Zylinders vorzugeben. Anschließend wird in Schritt S82 ein Kraftstoffeinspritzstartzeitpunkt I_{JST} auf der Basis des Kraftstoffeinspritzstartwinkels I_{Jsa} vorgegeben, und die Routine endet.

[0617] Wie oben beschrieben, ist der abgedeckte Kraftstoffdruckbereich nicht auf den praktikablen Kraftstoffdruckbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems einschließlich des Anstiegsvorgangs des Kraftstoffdrucks P_f beim Hochfahren begrenzt, so daß er auf den Druck des Niederdruckkraftstoffbereichs aus-

gedehnt ist, der durch Zuführen des Niederdruckkraftstoffs zu dem Einspritzer **13** mittels der Niederdruck-Reguliereinrichtung **28** erhalten wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

[0618] In dieser Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle ist der Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p , der zum Erhalt der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge GF durch Korrektur der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p geeignet ist, die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} (= 7 MPa) vorgegeben worden ist, für jeden Bereich gespeichert, der durch den Kraftstoffdruck P_f und die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p definiert ist.

[0619] Daher erfolgt die Bezugnahme auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks P_f des Hochdruck-Kraftstoffsystems, der von dem Kraftstoffdrucksensor **35** detektiert wird, d. h. des dem Einspritzer zugeführten tatsächlichen Kraftstoffdrucks, und auf der Basis der Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , um den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p vorzugeben, und die Grund-Einspritzimpulsdauer T_p , die in Abhängigkeit von dem durch die Hochdruck-Reguliereinrichtung **27** regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck P_{fB} vorgegeben worden ist, wird durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor K_p korrigiert, um die endgültige Einspritzimpulsdauer T_i vorzugeben, die die Einspritzventilöffnungsperiode des Einspritzers **13** definiert.

[0620] Es ist somit möglich, die Änderung der tatsächlichen Kraftstoffeinspritzmenge in Bezug auf die erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge aufgrund der Differenz zwischen den dem Einspritzer **13** zugeführten Kraftstoffdrücken zu kompensieren. Wenn also ein Hochdruck-Kraftstoffsystem, das einen Hochdruckkraftstoff erhält, normal ist, oder auch dann, wenn ein Hochdruck-Kraftstoffsystem, das einen Niederdruckkraftstoff erhält, abnormal ist, kann die Einspritzimpulsdauer T_i mit einem geeigneten Wert vorgegeben werden, so daß die tatsächliche Kraftstoffeinspritzmenge, die von dem Einspritzer **13** eingespritzt wird, mit der erforderlichen Einspritzmenge übereinstimmt.

[0621] Infolgedessen kann sowohl bei normalen als auch bei abnormalen Hochdruck-Kraftstoffsystem die gleiche Vorgabe der Einspritzimpulsdauer T_i verwendet werden, so daß das Steuersystem vereinfacht werden kann. Außerdem kann, wenn ein Hochdruckkraftstoff erhaltendes Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, oder auch, wenn ein Niederdruckkraftstoff erhaltendes Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, der dem Einspritzer **13** zugeführte Kraftstoffdruck mit der Einspritzimpulsdauer T_i kompatibel sein, so daß eine geeignete Kraftstoffmenge entsprechend der erforderlichen Kraftstoffeinspritzmenge eingespritzt werden kann.

VIERTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0622] Unter Bezugnahme auf die Fig. 26 bis 28 wird die vierte bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0623] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird als Hochdruck-Reguliereinrichtung eine elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 verwendet, die von einer ECU 50 gesteuert werden kann, so daß der Kraftstoffumgehungskanal 21d und das Umgehungswählventil 29, die bei den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen vorhanden sind, entfallen können.

[0624] Ferner werden für gleiche Elemente wie bei den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen verwendet, und diese Elemente werden nicht erneut beschrieben.

[0625] Die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist von einem normalerweise geöffneten Typ, und ihre Ventilposition wird in Abhängigkeit von der Einschaltdauer DUTY eines von der ECU 50 ausgegebenen Treibersignals gesteuert. Wenn die Einschaltdauer DUTY des von der ECU 50 ausgegebenen Treibersignals 00H (0%) ist, ist die Reguliereinrichtung 80 vollständig geöffnet, und ihre Ventilposition nimmt mit zunehmender Einschaltdauer DUTY ab. Wenn die Einschaltdauer DUTY FFH (100%) ist, ist die Reguliereinrichtung 80 vollständig geschlossen.

[0626] Wie Fig. 26 zeigt, ist die stromabwärtige Seite der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 mit einem Kraftstoffrücklaufkanal zwischen einem Niederdruckkraftstoffkanal 21a stromabwärts von einer Zuführungspumpe 24 und stromaufwärts von einer Zuführungspumpe 24 und der stromaufwärtigen Seite der Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 als Niederdruck-Kraftstoffsystem verbunden.

[0627] Außerdem ist, wie Fig. 27 zeigt, die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 mit dem Ausgangsport der E/A-Schnittstelle 56 der ECU 50 über eine Treiberschaltung 58 verbunden.

[0628] Die ECU 50 führt eine in Fig. 28 gezeigte Elektromagnetische-Hochdruck-Reguliereinrichtung-Steerroutine aus. Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird eine Einschaltdauer DUTY eines Treibersignals zu der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 in Abhängigkeit von den Vergleichsergebnissen eines vorbestimmten gesteuerten Ziel-Kraftstoffdrucks PfB (z. B. PfB = 7 MPa bei dieser bevorzugten Ausführungsform) mit einem Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems, der von einem Kraft-

stoffdrucksensor 35 detektiert wird, vorgegeben, und die Rückführungssteuerung für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 wird so ausgeführt, daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems sich dem gesteuerten Kraftstoffdruck PfB annähert.

[0629] Wenn dagegen FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird eine gesteuerte Variable zum vollständigen Öffnen der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 vorgegeben, d. h. die Einschaltdauer DUTY des Treibersignals zu der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 wird als DUTY = OOH vorgegeben.

[0630] Somit wird die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 vollständig geöffnet, um die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem herzustellen, so daß ein der Zuführungspumpe 24 zugeführter Niederdruckkraftstoff, der durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert werden soll, direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt wird, um dem Einspritzer 13 zugeführt zu werden.

[0631] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform hat die ECU 50 auch eine Funktion als Hochdruck-Reguliereinrichtungs-Steueroutine gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0632] Ferner werden andere Routinen in den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen auf geeignete Weise übernommen, und ihre Beschreibungen entfallen. Außerdem ist bei dieser bevorzugten Ausführungsform das Umgehungswählventil 29 nicht vorgesehen, so daß die Umgehungswählventil-Steerroutine von Fig. 5 bei der oben beschriebenen ersten Ausführungsform nicht erforderlich ist.

[0633] Nachstehend wird die Elektromagnetische-Hochdruck-Reguliereinrichtung-Steerroutine von Fig. 28 beschrieben.

[0634] Die in Fig. 28 gezeigte Elektromagnetische-Hochdruck-Reguliereinrichtung-Steerroutine wird jeweils zu einer vorbestimmten Zeit (z. B. 10 ms) nach der Systeminitialisierung ausgeführt. Zuerst erfolgt in Schritt S301 die Bezugnahme auf ein Hochdruck-Kraftstoffsystem-NG-Flag FHPNG. Bei FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S302.

[0635] In Schritt S302 erfolgt die Bezugnahme auf ein normales Steuerungsübergangsflag F2, das den Übergang zu einer normalen Steuerung (Rückführungssteuerung) anzeigt. Dieses normale Steuerungsübergangsflag F2 wird gesetzt, wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems einen

vorbestimmten Kraftstoffdruck nach dem Starten des Motors erreicht, so daß sein Anfangswert $F2 = 0$ ist.

[0636] Bei $F2 = 0$ geht die Routine zu Schritt S303, in dem die Bezugnahme auf ein Initialisierungsbeendigungs-Flag 1 erfolgt, das gesetzt wird, wenn die Initialisierung der Einschaltdauer DUTY zu der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 beendet ist. Bei $F1 = 0$, d. h. wenn diese Routine erstmals ausgeführt wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, geht die Routine zu Schritt S304, in dem die Einschaltdauer DUTY mit "FFH" zum vollständigen Schließen der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 vorgegeben wird ($DUTY \leftarrow FFH$).

[0637] Anschließend wird in Schritt S304 das Initialisierungsbeendigungs-Flag 1 durch die Beendigung der Initialisierung gesetzt ($F1 \leftarrow 1$). Dann wird in Schritt S306 die in Schritt S304 vorgegebene Einschaltdauer DUTY vorgegeben, und die Routine endet.

[0638] Infolgedessen wird an die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 ein Treiber-signal auf der Basis der Einschaltdauer $DUTY = FFH$ ausgegeben, so daß die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 vollständig geschlossen wird, um zu verhindern, daß Kraftstoff aus der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 austritt.

[0639] Nach Beendigung der Initialisierung $F1 = 1$ geht die Routine von Schritt S303 zu S307, in dem der von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektierte Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems mit einem voreingestellten Druck PH verglichen wird.

[0640] Der voreingestellte Druck PH bestimmt, ob der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems, d. h. der Druck des dem Einspritzer 13 zugeführten Kraftstoffs, im wesentlichen den gesteuerten Ziel-Kraftstoffdruck PfB erreicht. Bei dieser bevorzugten Ausführungsform ist der voreingestellte Druck PH so vorgegeben, daß $PH = 67 \text{ MPa}$.

[0641] Bei $Pf \leq PH$, d. h. wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems den gesteuerten Ziel-Kraftstoffdruck noch nicht erreicht, endet die Routine unmittelbar. Bei $Pf > PH$, d. h. wenn der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems den gesteuerten Ziel-Kraftstoffdruck im wesentlichen erreicht, geht die Routine zu Schritt S308, in dem das normale Steuerungsübergangs-Flag F2, das den Übergang zu der normalen Steuerung (Rückführungssteuerung) bezeichnet, gesetzt wird ($F2 \leftarrow 1$), und die Routine endet.

[0642] Das heißt, nachdem das Antreiben der Hochdruckpumpe 25 durch das Starten des Motors gestar-

tet worden ist, ist die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 vollständig geschlossen, bis der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems den vorbestimmten Kraftstoffdruck erreicht, um die offene Steuerung der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 auszuführen, so daß verhindert wird, daß Kraftstoff aus der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung austritt, um den Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems frühzeitig auf den gesteuerten Ziel-Kraftstoffdruck PfB zu erhöhen.

[0643] Danach geht die Routine von Schritt S302 zu S309, da das normale Steuerungsübergangs-Flag F2 gesetzt ist. In den Schritten 309 bis 313 wird eine Einschaltdauer DUTY eines Treibersignals zu der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 in Abhängigkeit mit den Vergleichsergebnissen des gesteuerten Ziel-Kraftstoffdrucks PfB ($= 7 \text{ MPa}$) mit dem Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems, der von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektiert wird, vorgegeben, und die Rückführungssteuerung der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 wird so ausgeführt, daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems an den gesteuerten Kraftstoffdruck PfB angenähert wird.

[0644] Das heißt, in Schritt S309 wird der von dem Kraftstoffdrucksensor 35 detektierte Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems von dem voreingestellten gesteuerten Ziel-Kraftstoffdruck PfB subtrahiert, um eine Differenz ΔP zwischen dem gesteuerten Kraftstoffdruck PfB und dem Kraftstoffdruck Pf abzuleiten ($\Delta P \leftarrow PfB - Pf$). Anschließend wird in Schritt S310 eine Proportionalitätskonstante KPF einer Proportional-Integral-Steuerung (PI-Steuerung) mit der Differenz ΔP multipliziert zur Gewinnung eines Proportionalitätskomponente-Rückführungswerts ($P \leftarrow KPF \times \Delta P$).

[0645] Ferner wird in Schritt S311 der letzte Integral-komponente-Rückführungswert IOLD zu einem Wert addiert, der durch Multiplikation einer Integralkonstanten KI der Proportional-Integral-Steuerung mit der Differenz ΔP erhalten ist, um einen neuen Integral-komponente-Rückführungswert I abzuleiten ($I \leftarrow IOLD + KI \times \Delta P$).

[0646] Dann wird in Schritt S312 der letzte Integral-komponente-Rückführungswert IOLD mit dem aktuell abgeleiteten Integralkomponente-Rückführungswert I aktualisiert, um für die nächste Routine bereit zu sein. Anschließend werden in Schritt S313 der Proportionalitätskomponente-Rückführungswert P und der Integralkomponente-Rückführungswert I zu einer Grund-Einschaltdauer DB addiert, die in Abhängigkeit von dem gesteuerten Kraftstoffdruck PfB vorgegeben ist, um eine Einschaltdauer DUTY zu gewinnen, die die gesteuerte Variable für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 definiert

(DUTY ← DB + P + I).

[0647] Dann geht die Routine zu Schritt S306, in dem die in Schritt S313 berechnete Einschaltdauer DUTY vorgegeben wird, und die Routine endet.

[0648] Infolgedessen wird von der ECU 50 an die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 ein Treibersignal auf der Basis der Einschaltdauer DUTY ausgegeben, und die Ventilposition der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 wird in Abhängigkeit von der Einschaltdauer DUTY gesteuert, um die Rückführungssteuerung auszuführen, so daß der Kraftstoffdruck Pf des Hochdruck-Kraftstoffsystems dem gesteuerten Kraftstoffdruck PFB angenähert wird.

[0649] Wenn also FHPNG = 0, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wird dem Einspritzer 13 ein Hochdruckkraftstoff zugeführt, der von der Hochdruckpumpe 25 mit Druck beaufschlagt wird, um von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 auf einen vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck reguliert zu werden.

[0650] Wenn andererseits in Schritt S301 FHPNG = 1, d. h. wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, geht die Routine zu Schritt S314, in dem die Einschaltdauer DUTY, die die gesteuerte Variable für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 definiert, mit "00H" zum vollständigen Öffnen der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 vorgegeben ist (DUTY ← 00H).

[0651] Dann werden in den Schritten S315 und S316 das Initialisierungsbeendigungs-Flag F1 und das normale Steuerungsübergangs-Flag F2 zurückgesetzt (F1 ← 0, F2 ← 0). Dann geht die Routine zu Schritt S306, in dem die Einschaltdauer DUTY (= 00H), die in Schritt S314 vorgegeben wurde, gesetzt wird, und die Routine endet.

[0652] Infolgedessen wird an die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 ein Treibersignal auf der Basis der Einschaltdauer DUTY = 00H ausgegeben, um die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 vollständig zu öffnen.

[0653] Wenn daher das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wird die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 vollständig geöffnet, um die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Kraftstoffsystem und dem Niederdruck-Kraftstoffsystem herzustellen, so daß der von der Zuführungspumpe 24 zugeführte Niederdruckkraftstoff, der durch die Niederdruck-Reguliereinrichtung 28 auf einen vorbestimmten Kraftstoff zu regulieren ist, direkt dem Hochdruck-Kraftstoffsystem zugeführt werden kann, um dem Einspritzer zugeführt zu werden, und zwar ebenso wie bei der oben beschriebenen ersten Aus-

führungsform unabhängig von dem Hochdruckkraftstoff.

[0654] Daher kann die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung 80 die gleiche Funktion wie das Umgehungswählventil 29 bei der oben beschriebenen ersten bevorzugten Ausführungsform haben, und es ist möglich, das Umgehungswählventil 29 und den Kraftstoffumgehungskanal 21d nicht zu verwenden, so daß die Anzahl von Teilen des Kraftstoffzufuhrsystems reduziert werden kann, um die Konstruktion des Kraftstoffzufuhrsystems zu vereinfachen.

[0655] Ferner sollte die vorliegende Erfindung nicht auf die beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen beschränkt sein. Beispielsweise wurde die Gaspedalposition ALPH lediglich als ein Beispiel der Motorlast bei den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen verwendet, aber anstelle der Gaspedalposition ALPH kann auch eine Drosselklappenposition, eine Ansaugluftmenge, ein Ansaugleitungsdruck stromabwärts einer Drosselklappe oder eine Ansaugluftmenge je Ansaughub verwendet werden.

[0656] Ferner werden bei den oben beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen der Zündzeitpunkt und der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt durch das Zeitsteuersystem gesteuert, die vorliegende Erfindung soll jedoch nicht darauf beschränkt sein; zur Steuerung des Zündzeitpunkts und des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts kann auch das Winkelsteuerungssystem für die Steuerung in Abhängigkeit von dem Winkel angewandt werden.

[0657] Die derzeit bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind vorstehend gezeigt und beschrieben; es versteht sich jedoch, daß die vorliegende Offenbarung nur der Veranschaulichung dient und daß zahlreiche Modifikationen und Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der Erfindung, wie er in den beigefügten Ansprüchen definiert ist, abzuweichen.

Patentansprüche

1. Steuerungssystem zum Steuern eines Hochdruck-Kraftstoffsystems für einen Motor (1) mit Kraftstoffeinspritzung im Zylinder, wobei ein Niederdruck-Kraftstoff, der von einer Niederdruckpumpe (24) zugeführt wird, von einer Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) auf einen vorbestimmten Kraftstoffdruck reguliert wird, um einer Hochdruckpumpe (25) zugeführt zu werden, wobei der Druck des Kraftstoffs von der Hochdruckpumpe (25) erhöht wird, um einem Einspritzer (13) einen Hochdruck-Kraftstoff zum Einspritzen des Hochdruck-Kraftstoffs direkt in einen Zylinder (12) zuzuführen, wobei eine Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) und

Diagnoseeinrichtungen vorgesehen sind, um zu bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wenn der Kraftstoffdruck abnormal ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Diagnoseeinrichtungen so ausgebildet sind, daß sie das Verhalten des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems und die Beziehung zwischen einem Luft-/Kraftstoff-Verhältnis und einer Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) überwachen, und daß die Diagnoseeinrichtungen bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist und Information über diesen abnormalen Zustand liefern, wenn mindestens eine von den Bedingungen, daß der Kraftstoffdruck abnormal ist und daß das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis mit dem Kraftstoffeinspritzimpuls inkompatibel ist, erfüllt ist; und daß Zündzeitpunkt-Steuerungseinrichtungen vorgesehen sind, um auf der Basis des Betriebszustands des Motors (1) einen Zündzeitpunkt vorzugeben, der für eine gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

2. System nach Anspruch 1,

das ferner folgendes aufweist:

- eine Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung (29), die in einem Kraftstoff-Umgehungskanal (21d) vorgesehen ist, der vorgesehen ist, um die Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) zu umgehen, um zwischen einem Hochdruck-Kraftstoffsystem und einem Niederdruck-Kraftstoffsystem eine Verbindung herzustellen;
- Öffnen-/Schließen-Ventilsteuereinrichtungen (29, 30) zum Schließen der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung (29), wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und zum Öffnen der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung (29), wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und
- Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer Einspritzimpulsdauer, die eine Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer (13) definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben der Einspritzimpulsdauer auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

3. System nach Anspruch 1,

- wobei die Hochdruck-Reguliereinrichtung eine elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) ist, deren stromabwärtige Seite mit dem Niederdruck-Kraftstoffsystem verbunden ist, wobei der Einspritzer (13) einen Einspritzzeitpunkt und eine Einspritzmenge des Kraftstoffs auf der Basis eines Mo-

torbetriebszustands vorgibt und die Einspritzmenge des Kraftstoffs direkt in den Zylinder (12) einspritzt; und wobei das System ferner folgendes aufweist:

- Hochdruckreguliereinrichtungs-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer gesteuerten Variablen für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung (80), so daß ein vorbestimmter gesteuerter Kraftstoffdruck erhalten wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wobei die Hochdruckreguliereinrichtungs-Steuereinrichtungen so ausgebildet sind, daß sie eine gesteuerte Variable so vorgeben, daß die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) vollständig geöffnet wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und
- Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer Einspritzimpulsdauer, die eine Kraftstoffeinspritzmenge für den Einspritzer (13) definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen so ausgebildet sind, daß sie eine Einspritzimpulsdauer auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs vorgeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

4. System nach Anspruch 2 oder 3,

das ferner folgendes aufweist:

- eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung des Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern; und
- eine Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle, die eine Motordrehzahl und eine Motorlast als Parameter nutzt, um darin eine Einspritzimpulsdauer zu speichern, die dazu geeignet ist, eine erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge mit dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs zu erhalten;
- wobei dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtung eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgibt, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer (13) auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtung auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der

Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nimmt, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben; und

- wobei dann, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf der Basis der Motordrehzahl und der Motorlast Bezug nehmen, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) vorzugeben.

5. System nach Anspruch 2 oder 3, das ferner folgendes aufweist:

- eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern,
- wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgeben, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer (13) auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben,
- wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen einen Abnormale-Periode-Korrekturfaktor für die Korrektur vorgeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs zu erhöhen, wenn zumindest das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, und
- wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor und den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) vorzugeben.

6. System nach Anspruch 2 oder 3, das ferner folgendes aufweist:

- eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die den von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs und einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als Parame-

ter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern,

- wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgeben, um eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorzugeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer (13) auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer vorzugeben.

7. System nach Anspruch 1,

wobei während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten eine Schichtverbrennung auf der Basis einer späten Einspritzung gewählt wird, um auf der Basis des Betriebszustands des Motors (1) eine Kraftstoffeinspritzmenge, einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und einen Zündzeitpunkt vorzugeben, die für die Schichtverbrennung geeignet sind, wohingegen während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten eine gleichmäßige vorgemischte Verbrennung auf der Basis einer frühen Einspritzung gewählt wird, um auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Kraftstoffeinspritzmenge, einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und einen Zündzeitpunkt vorzugeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, wobei die Kraftstoffeinspritzmenge von dem Einspritzer (13) direkt in einen Zylinder (12) eingespritzt wird, um den eingespritzten Kraftstoff durch eine Zündkerze (13) zum Zündzeitpunkt zu zünden, um die Schichtverbrennung oder die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung zu erzielen, wobei das System ferner folgendes aufweist:

- eine Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung (29), die in einem Kraftstoff-Umgehungskanal (21d) vorgesehen ist, der vorgesehen ist, um die Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) zu umgehen, um zwischen einem Hochdruck-Kraftstoffsystem und einem Niederdruck-Kraftstoffsystem eine Verbindung herzustellen;
- Öffnen-/Schließen-Ventilsteuereinrichtungen (29, 30) zum Schließen der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung (29), wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, und zum Öffnen der Öffnen-/Schließen-Ventileinrichtung (29), wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist;
- eine Verbrennungssystem-Wähleinrichtung, um auf

der Basis des Motorbetriebszustands die Schichtverbrennung, die auf der späten Einspritzung während niedrigen Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten basiert, und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung während hohen Motordrehzahlen mit hohen Lasten basiert, zu wählen;

– Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13), die eine für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Betriebszustands des Motors (1) in Abhängigkeit von dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck und zum Vorgeben eines Kraftstoffeinspritzzeitpunkts in einem Kompressionshub eines Zylinders (12), in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Betriebszustands des Motors (1) in Abhängigkeit von dem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck eine Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt am Ende eines Auslaßhubs oder bei einem Ansaughub eines Zylinders (12), in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgeben, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, und wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Betriebszustands des Motors (1) in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs eine Einspritzimpulsdauer vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt vorgeben, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und

– wobei die Zündzeitpunkt-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands einen Zündzeitpunkt vorgeben, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist.

8. System nach Anspruch 1, wobei während niedriger Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten eine Schichtverbrennung, die auf einer späten Einspritzung basiert, gewählt wird, um auf der Basis des Betriebszustands des Motors (1) eine Kraftstoffeinspritzmenge, einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und einen Zündzeitpunkt vorzugeben, die für die Schichtverbrennung geeignet sind, wohingegen während hoher Motordrehzahlen mit hohen Lasten eine gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf einer frühen Einspritzung basiert, gewählt wird, um auf der Basis des Motorbetriebszustands

eine Kraftstoffeinspritzmenge, einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und einen Zündzeitpunkt vorzugeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet sind, wobei die Kraftstoffeinspritzmenge von dem Einspritzer (13) direkt in einen Zylinder (12) eingespritzt wird, um den eingespritzten Kraftstoff durch eine Zündkerze zum Zündzeitpunkt zu zünden, um die Schichtverbrennung oder die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung zu erzielen, wobei die Hochdruck-Reguliereinrichtung eine elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) ist, deren stromabwärtige Seite mit dem Niederdruck-Kraftstoffsystem verbunden ist, wobei der Einspritzer (13) einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und eine Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Motorbetriebszustands vorgibt und die Einspritzmenge des Kraftstoffs direkt in den Zylinder (12) einspritzt;

und wobei das System ferner folgendes aufweist:

– Hochdruckreguliereinrichtungs-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer gesteuerten Variablen für die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung (80), so daß ein vorbestimmter gesteuerter Kraftstoffdruck erhalten wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist, wobei die Hochdruckreguliereinrichtungs-Steuereinrichtungen so ausgebildet sind, daß sie die gesteuerte Variable so vorgeben, daß die elektromagnetische Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) vollständig geöffnet wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist;

– Verbrennungssystem-Wähleinrichtungen, um auf der Basis des Motorbetriebszustands die Schichtverbrennung, die auf der späten Einspritzung während niedrigen Motordrehzahlen mit niedrigen Lasten basiert, und die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung, die auf der frühen Einspritzung während hohen Motordrehzahlen mit hohen Lasten basiert, zu wählen;

– Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen zum Vorgeben einer Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13), die eine für die Schichtverbrennung geeignete Kraftstoffeinspritzmenge definiert, auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck und zum Vorgeben eines Kraftstoffeinspritzzeitpunkts in einem Kompressionshub eines Zylinders (12), in den eine Einspritzung erfolgen soll, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten gesteuerten Kraftstoffdruck eine Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt am Ende eines Auslaßhubs oder bei einem Ansaughub des Zylinders (12), in den eine Einspritzung erfolgen soll, vorgeben, wenn das Hochdruck-Kraft-

stoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist, und die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs eine Einspritzimpulsdauer vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, und einen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt vorgeben, der für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und

– wobei die Zündzeitpunkt-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands einen Zündzeitpunkt vorgeben, der für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist.

9. System nach Anspruch 7 oder 8, das ferner folgendes aufweist:

– eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern; und

– eine Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle, die eine Motordrehzahl und eine Motorlast als Parameter nutzt, um darin eine Einspritzimpulsdauer zu speichern, die dazu geeignet ist, eine erforderliche Kraftstoffeinspritzmenge zu erhalten, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung mit dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs geeignet ist;

– wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist;

– wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorgeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer (13) auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, und die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsys-

tems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) vorzugeben; und

– wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Abnormale-Periode-Einspritzimpulsdauertabelle auf der Basis der Motordrehzahl und der Motorlast Bezug nehmen, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) vorzugeben; wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

10. System nach Anspruch 7 oder 8, das ferner folgendes aufweist:

– eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als einen Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zum Korrigieren der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern;

– wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist,

– wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorgeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer (13) auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge definiert, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben;

– wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen einen Abnormale-Periode-Korrekturfaktor für die Korrektur vorgeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer in Abhängigkeit von dem von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs zu erhöhen, wenn zumindest das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist; und

– wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor und den Abnormale-Periode-Korrekturfaktor korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) vorzu-

geben.

11. System nach Anspruch 7 oder 8, das ferner folgendes aufweist:

- eine Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle, die den von der Niederdruck-Reguliereinrichtung (28) regulierten Druck eines Niederdruck-Kraftstoffs und einen Kraftstoffdruck in einem praktikablen Nutzungsbereich des Hochdruck-Kraftstoffsystems als Parameter nutzt, um darin einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor für die Korrektur der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Basis des Kraftstoffdrucks zu speichern;
- wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die Schichtverbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die Schichtverbrennung gewählt ist, und auf der Basis des Motorbetriebszustands eine Grund-Kraftstoffeinspritzmenge vorgeben, die für die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung geeignet ist, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem normal ist und wenn die gleichmäßige vorgemischte Verbrennung gewählt ist oder wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist;
- wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine Grund-Einspritzimpulsdauer vorgeben, die dazu genutzt wird, die Grund-Kraftstoffeinspritzmenge mit einem von der Hochdruck-Reguliereinrichtung (27) oder der elektromagnetischen Hochdruck-Reguliereinrichtung (80) regulierten vorbestimmten gesteuerten Kraftstoffdruck zu erhalten, und die auf der Basis der Grund-Kraftstoffeinspritzmenge eine Ventilöffnungs-Grundperiode für den Einspritzer (13) definiert, und die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen auf die Kraftstoffdruck-Korrekturfaktortabelle auf der Basis des Kraftstoffdrucks des Hochdruck-Kraftstoffsystems Bezug nehmen, um einen Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor vorzugeben, um die Grund-Einspritzimpulsdauer durch den Kraftstoffdruck-Korrekturfaktor zu korrigieren, um eine endgültige Einspritzimpulsdauer für den Einspritzer (13) vorzugeben.

12. System nach einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei die Kraftstoffeinspritz-Steuereinrichtungen eine obere Begrenzung der Einspritzimpulsdauer vornehmen, die vorgegeben wird, wenn das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist.

13. System nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Diagnoseeinrichtungen bestimmen, daß das Hochdruck-Kraftstoffsystem abnormal ist, wenn mindestens eine von den Bedingungen erfüllt ist: daß der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems einen vorbestimmten Druck auch dann nicht erreicht, wenn eine vorbestimmte Zeitdauer nach dem Anlassen des Motors vergangen ist, daß der Kraftstoffdruck des Hochdruck-Kraftstoffsystems nach dem

Anlassen des Motors nicht innerhalb eines normalen Kraftstoffdruckbereichs ist, und daß die Einspritzimpulsdauer fortfährt, einen vorbestimmten Wert für eine vorbestimmte Zeitdauer bei einem mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis zu überschreiten.

Es folgen 24 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

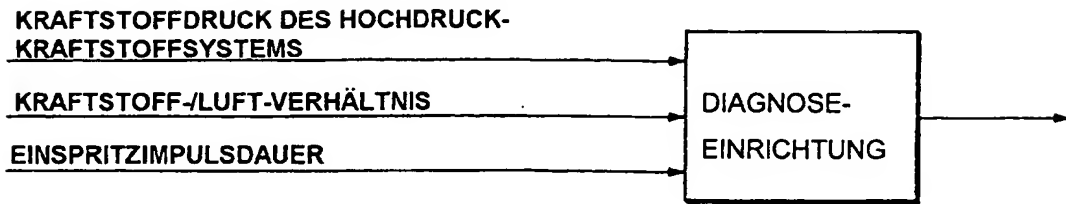


FIG.1(a)

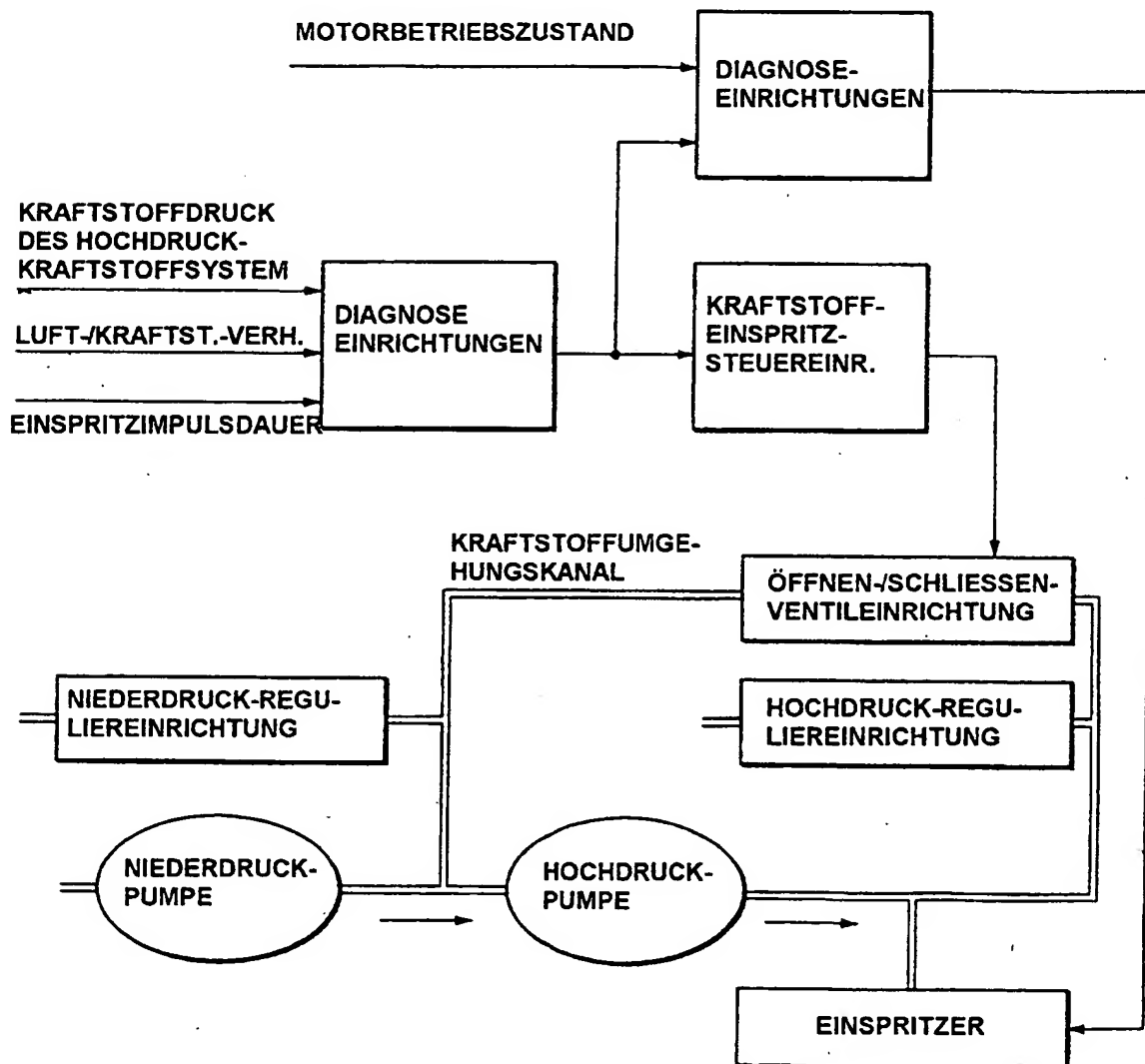


FIG.1(b)

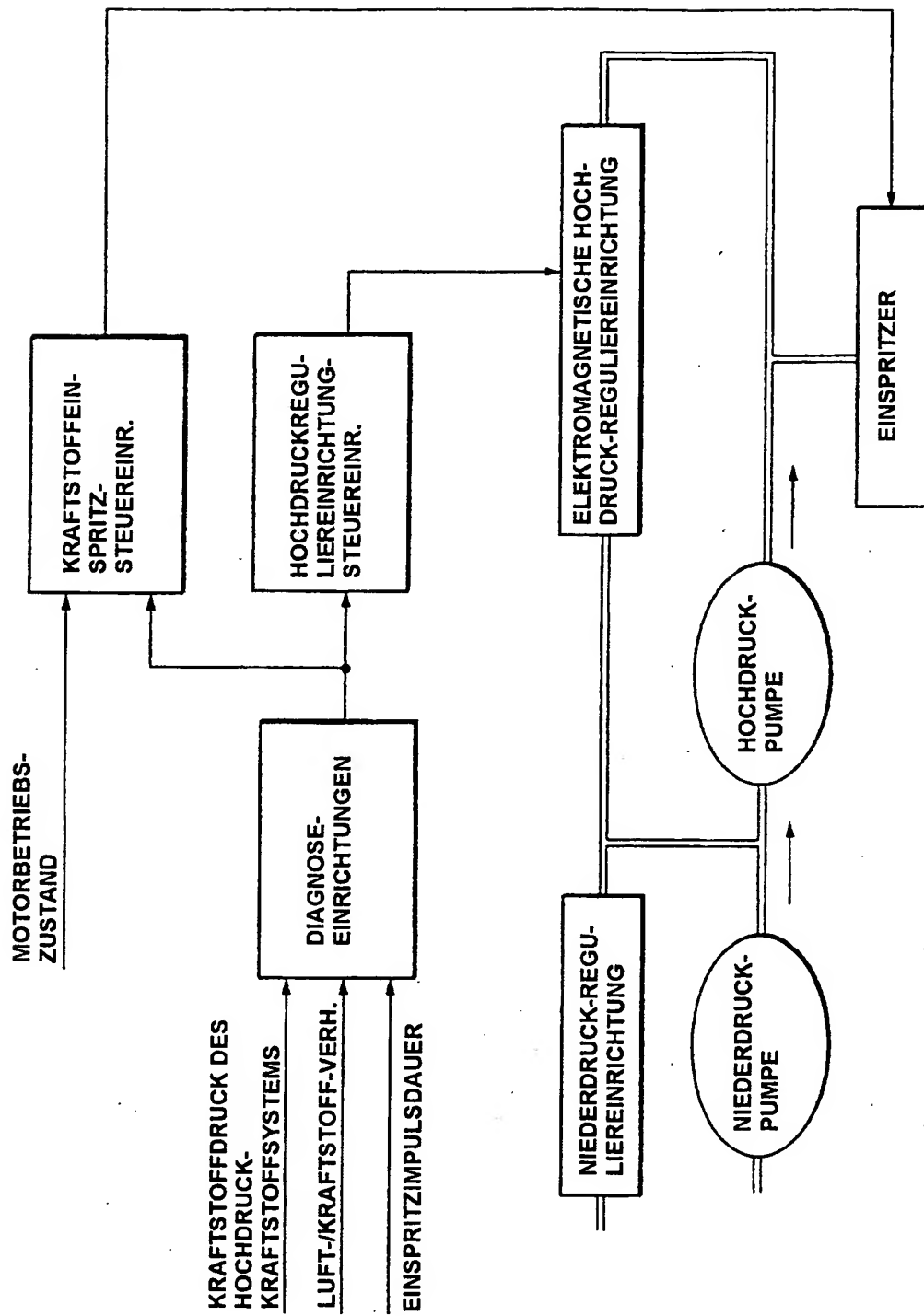


FIG.1(c)

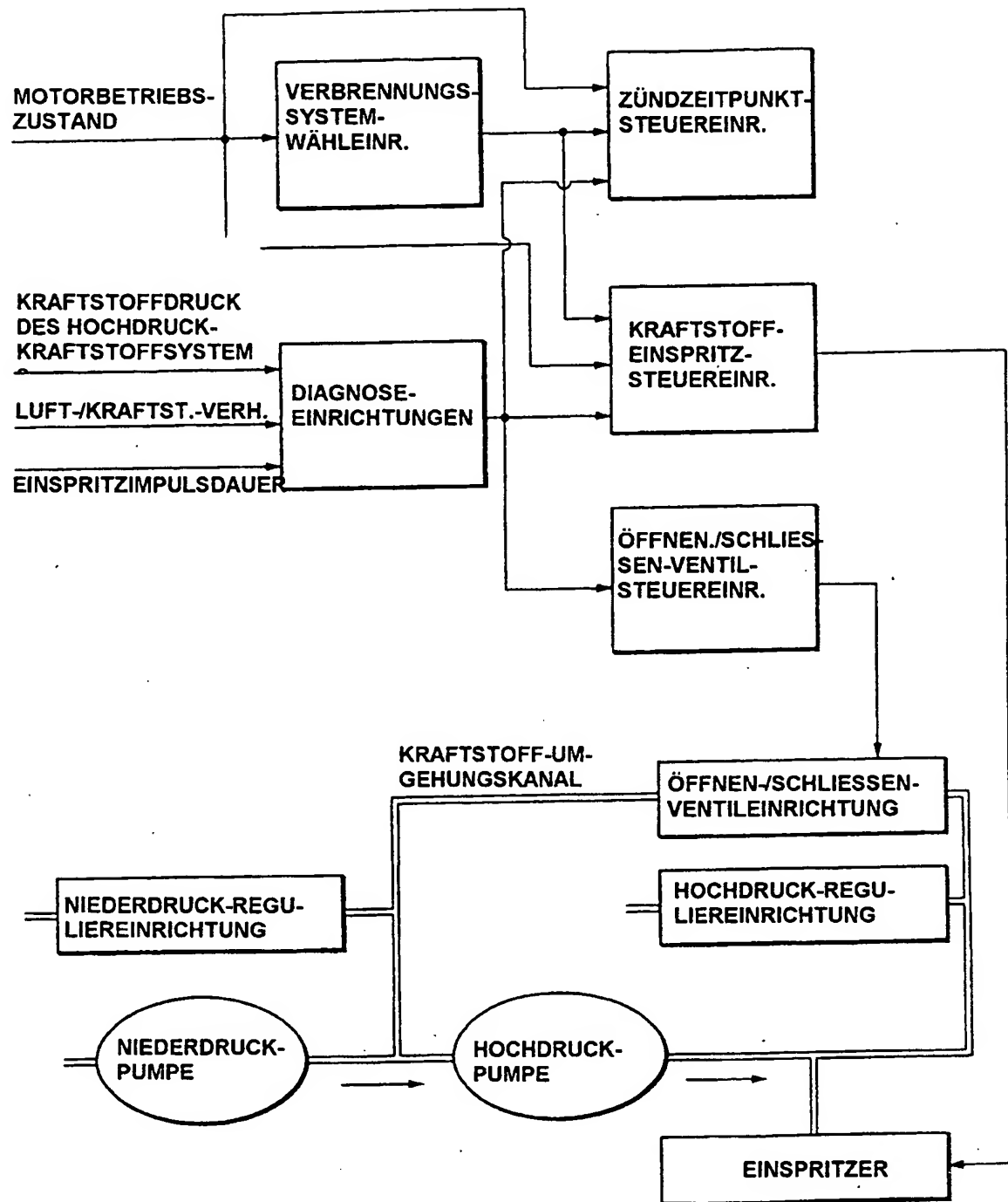


FIG.2(a)

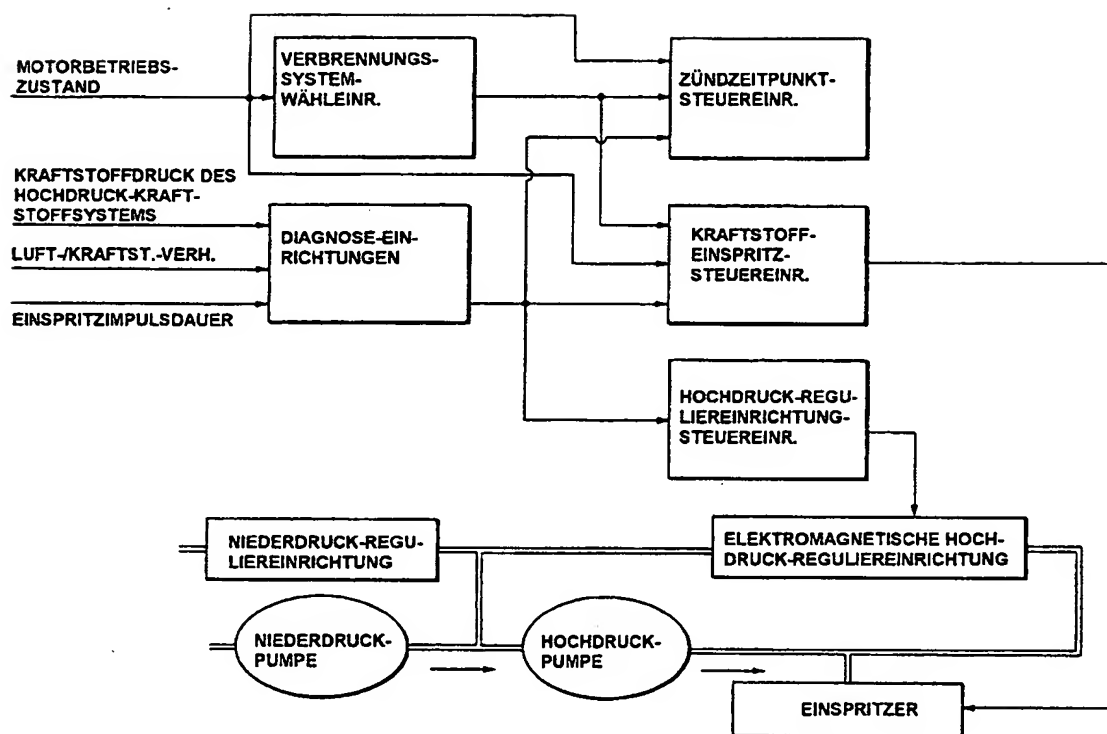


FIG.2(b)

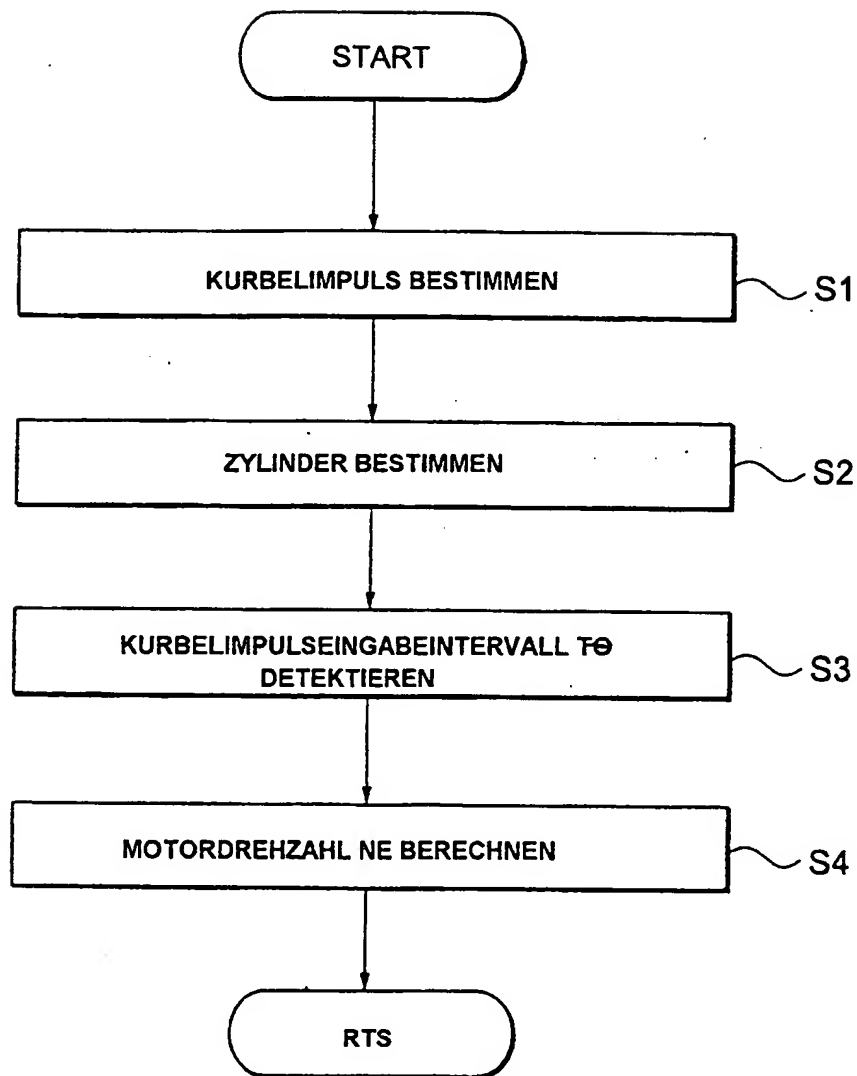


FIG.3

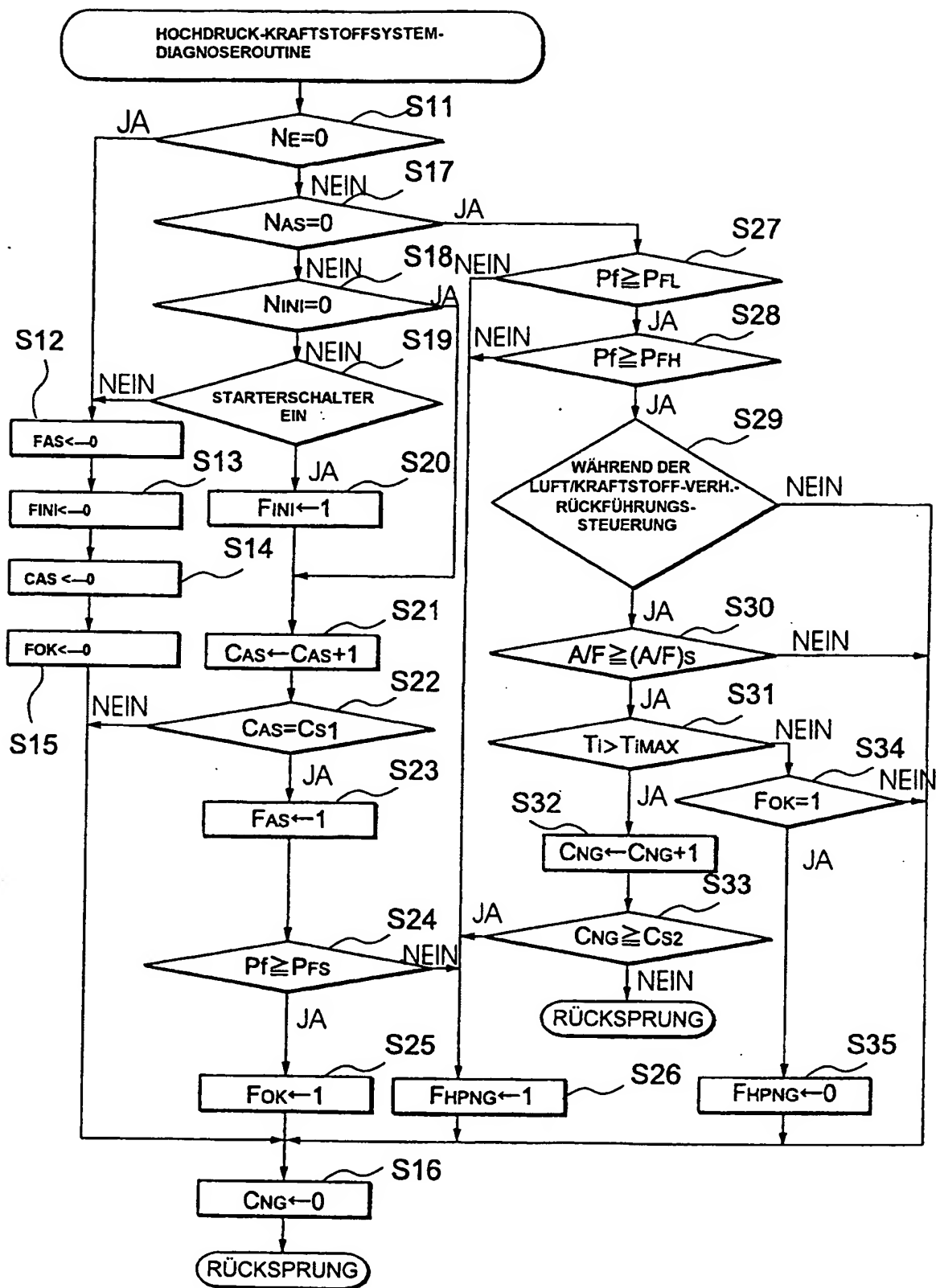


FIG.4

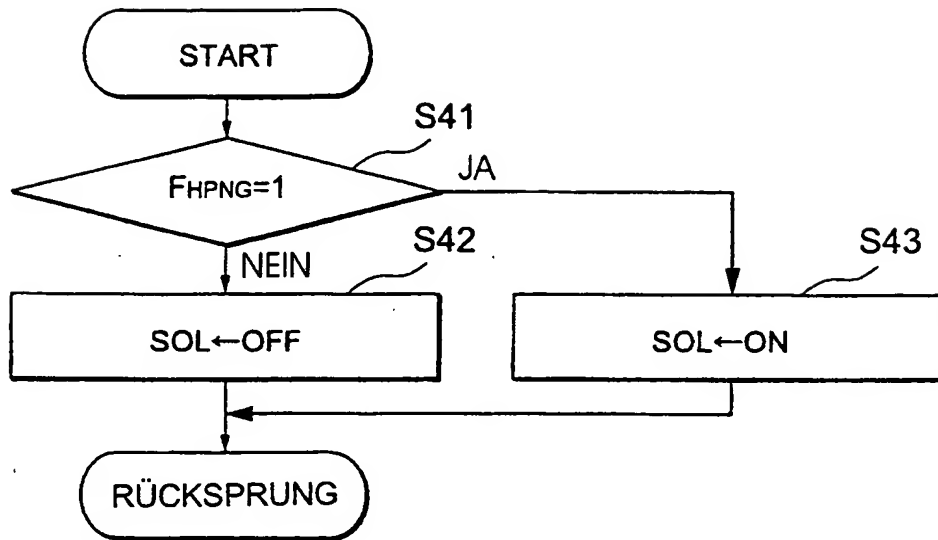


FIG. 5

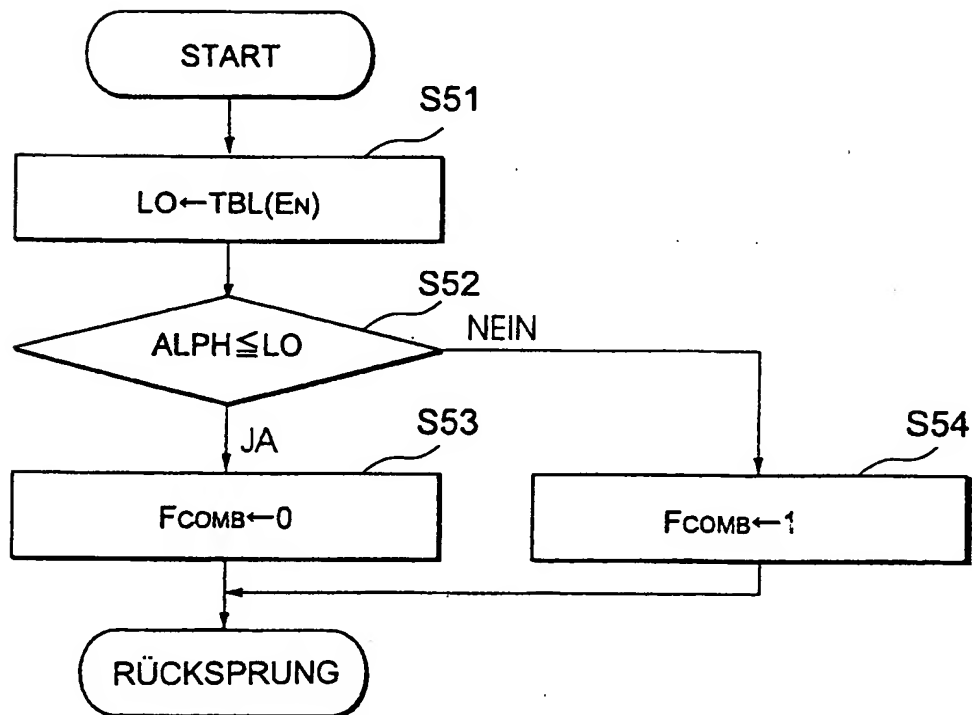


FIG. 6

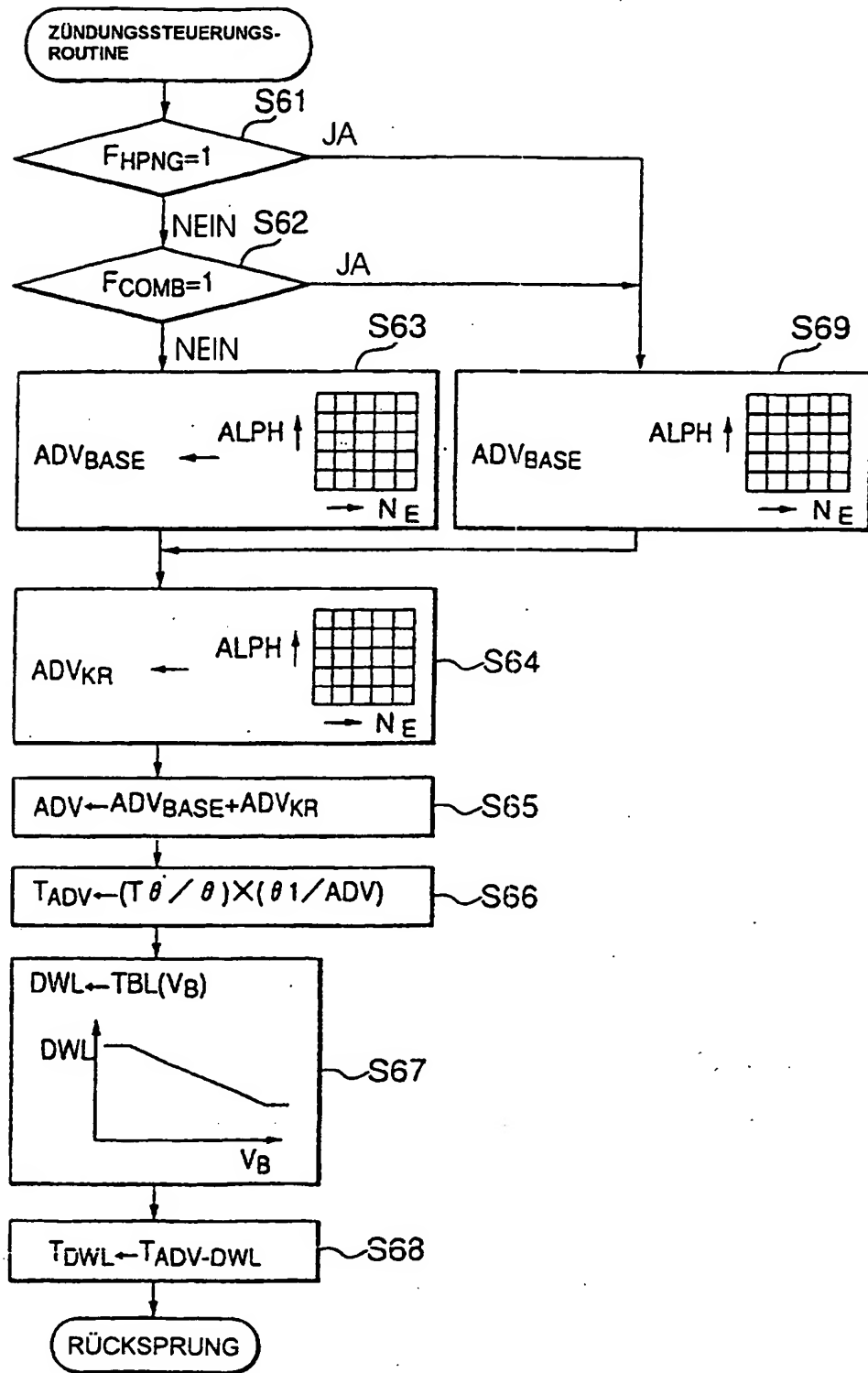


FIG.7

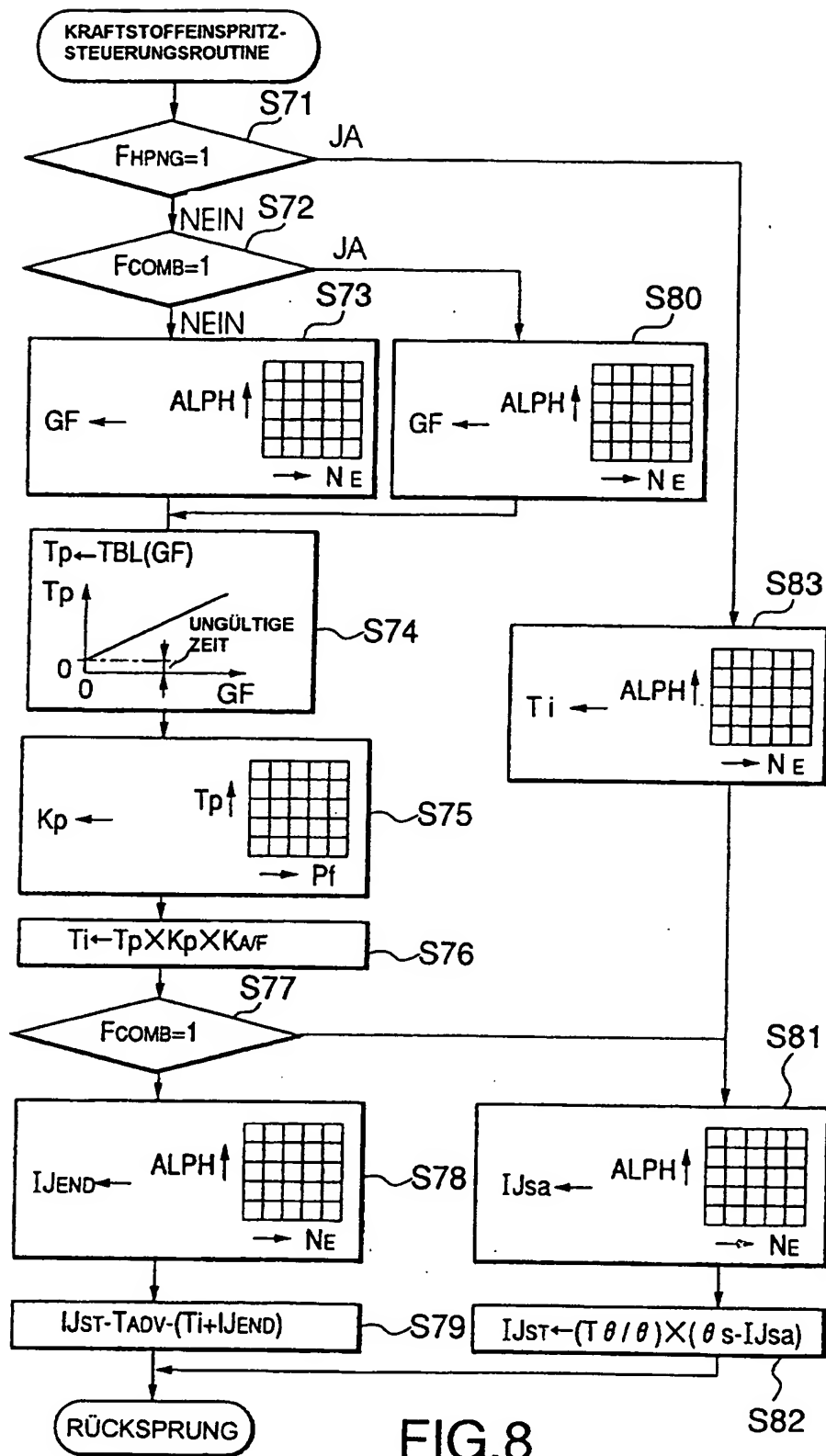


FIG.8

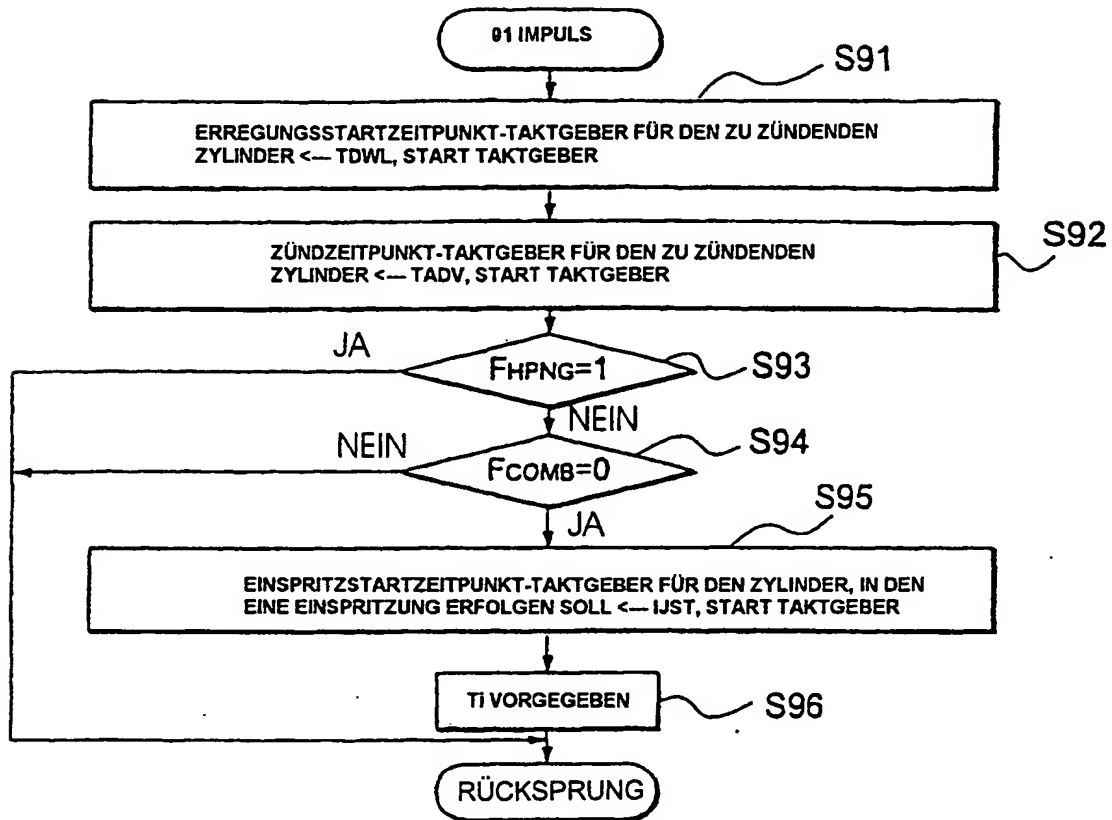


FIG.9

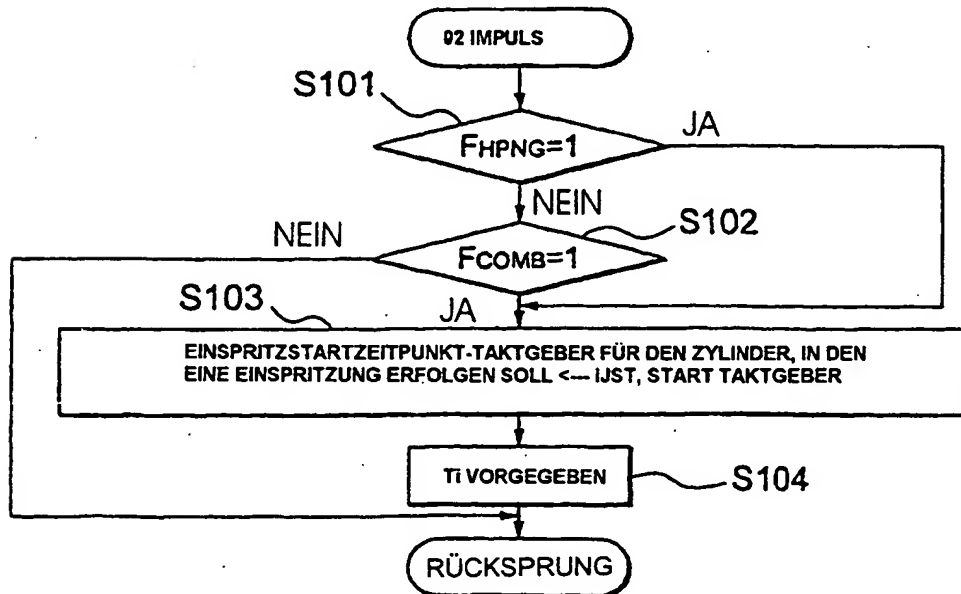


FIG.10

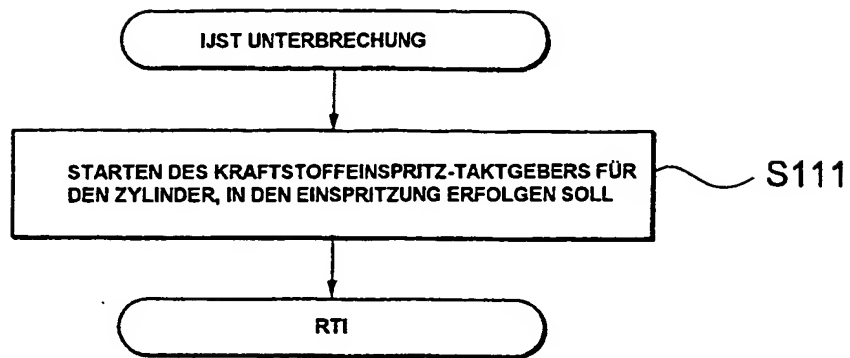


FIG.11

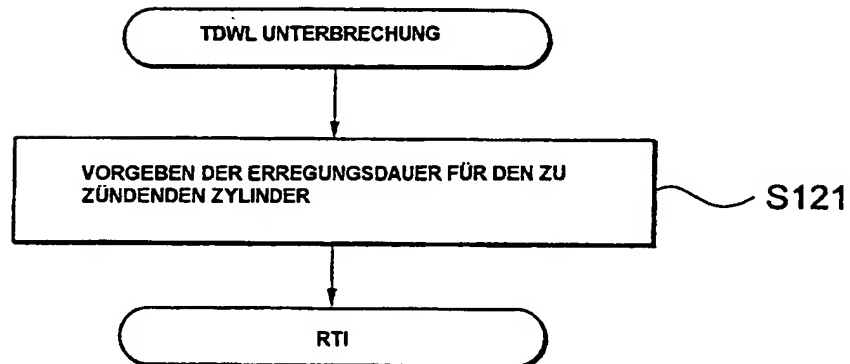


FIG.12

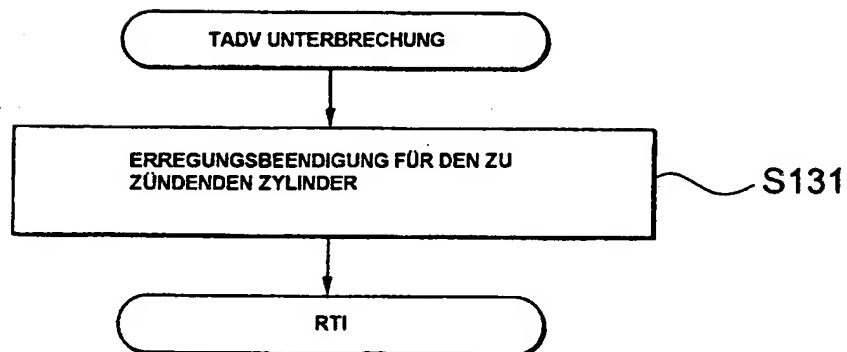


FIG.13

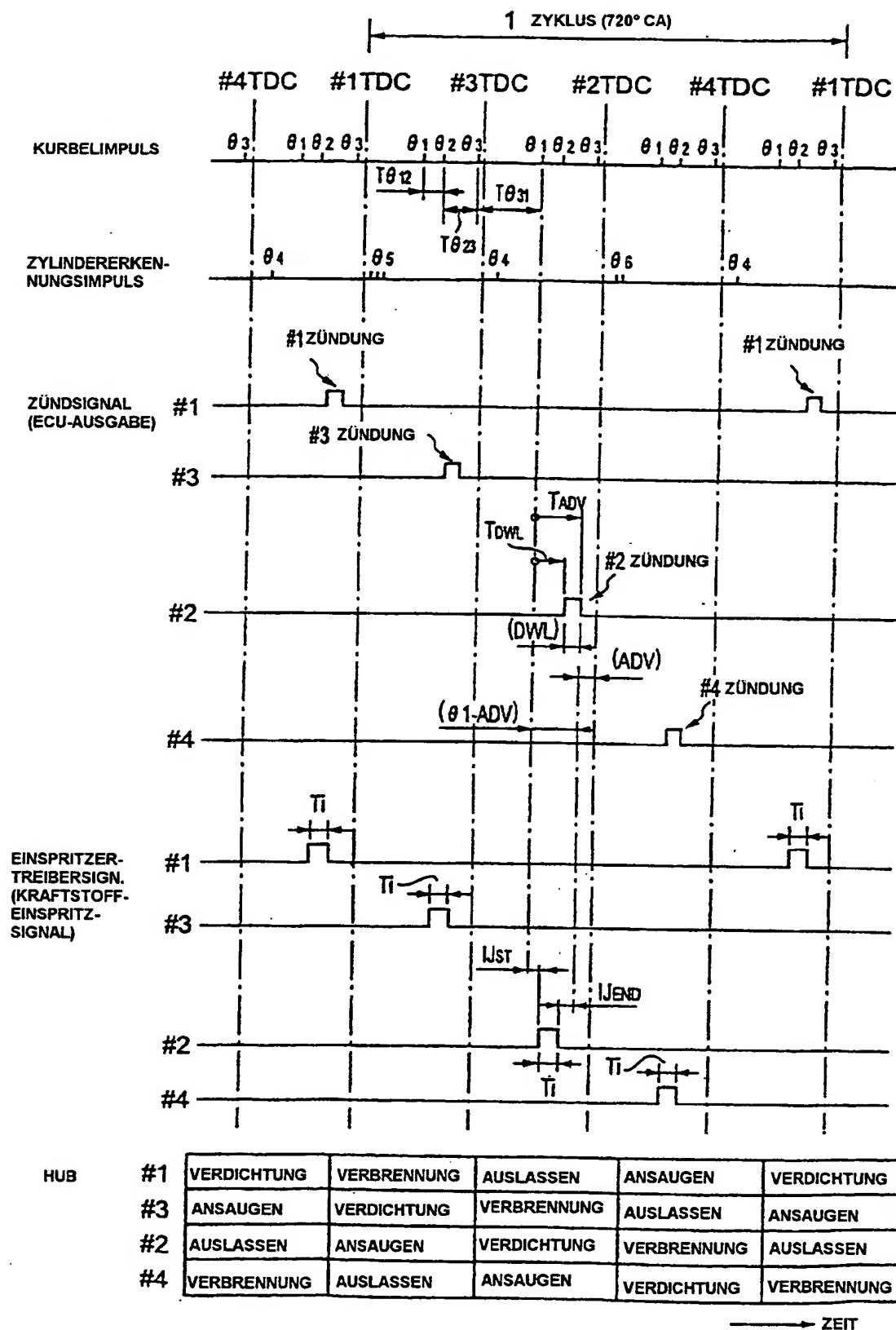


FIG.14

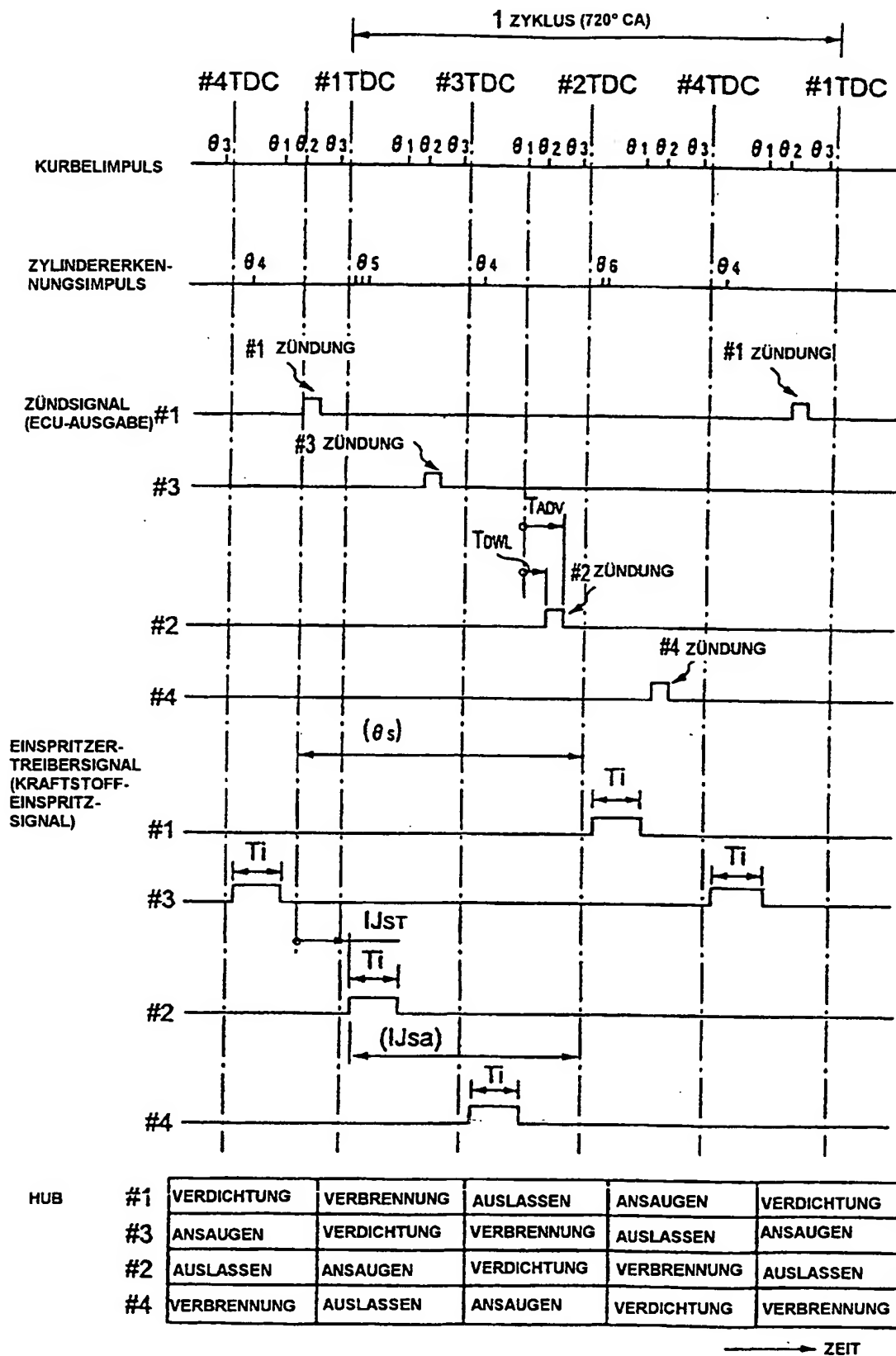


FIG.15

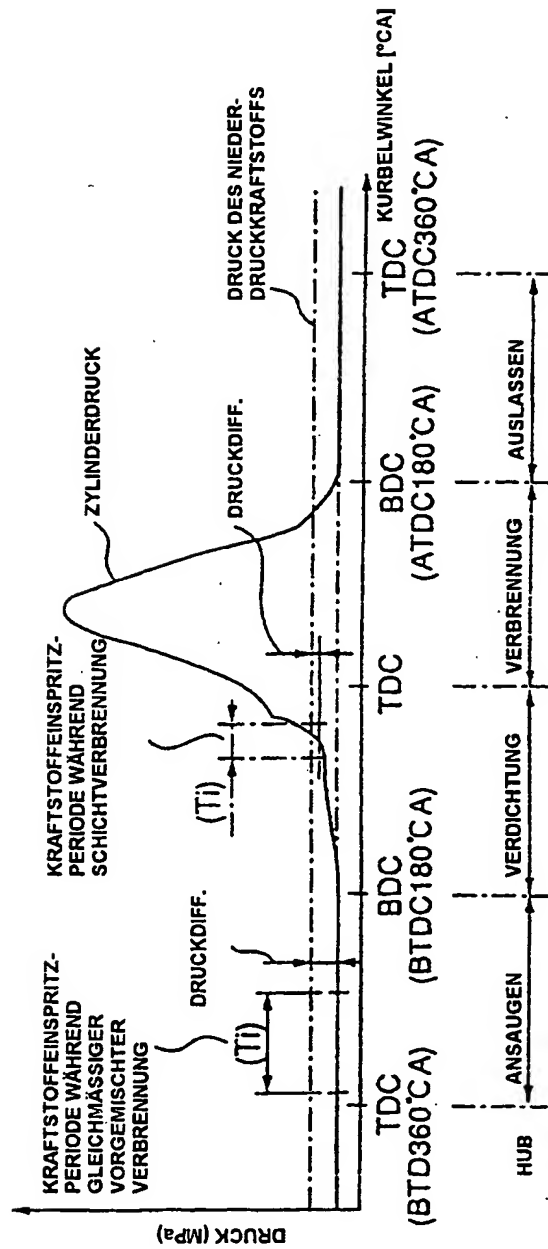


FIG.16

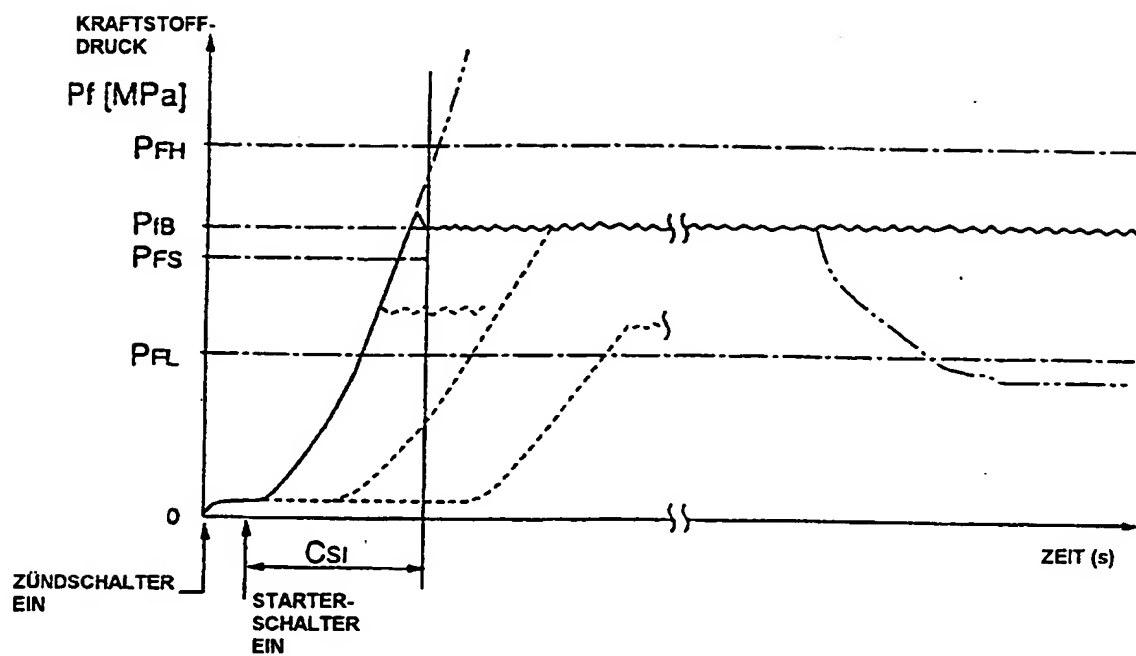


FIG.17

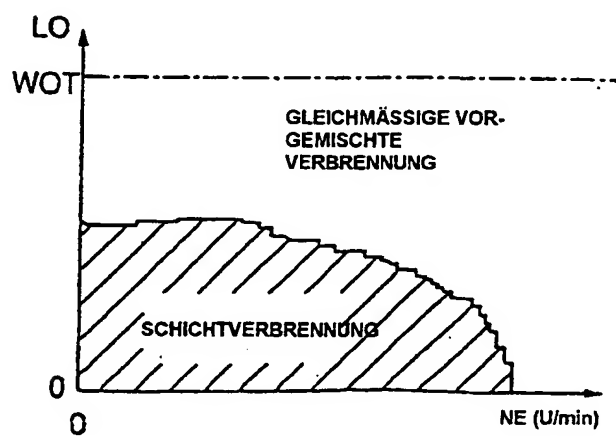


FIG.18

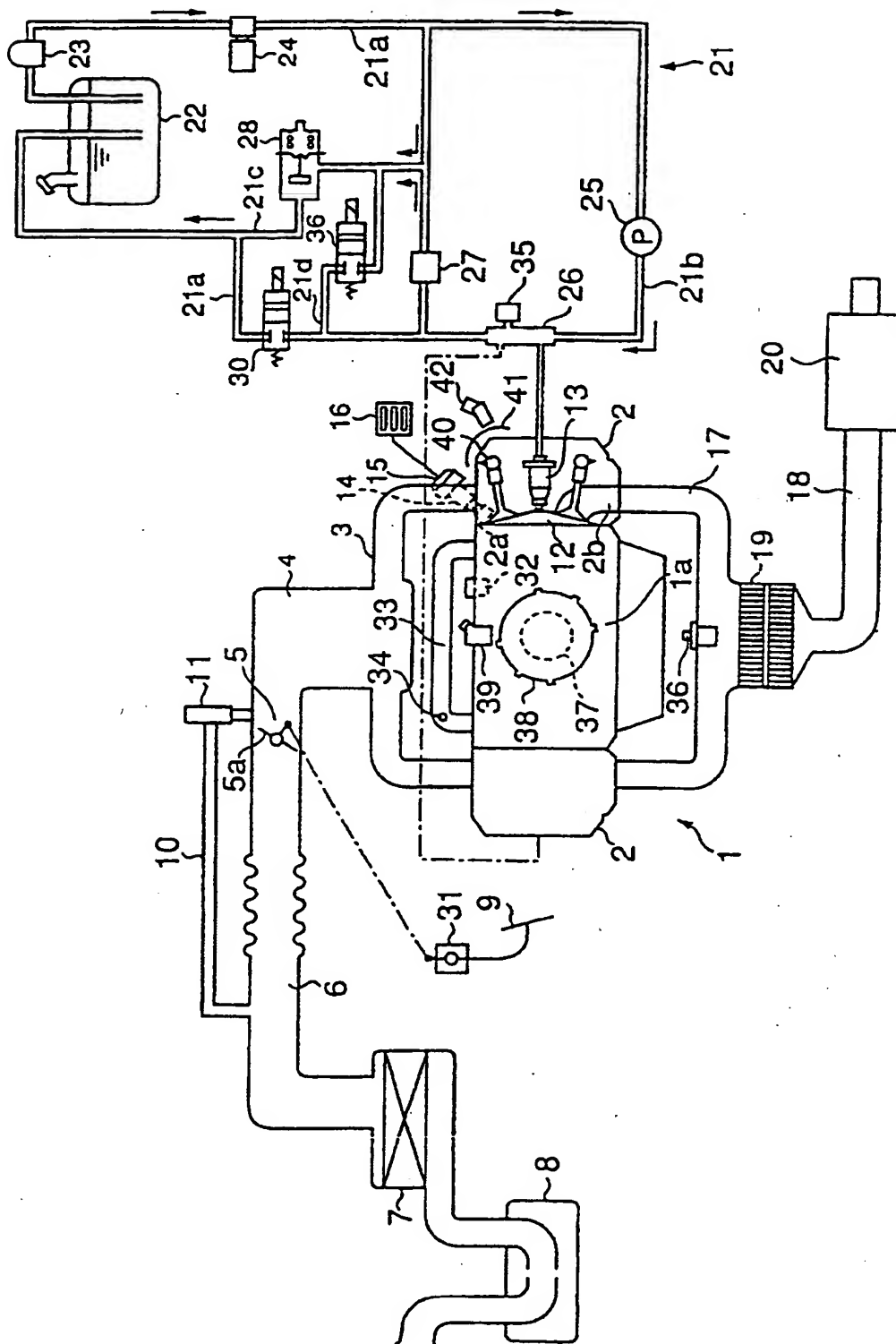


FIG.19

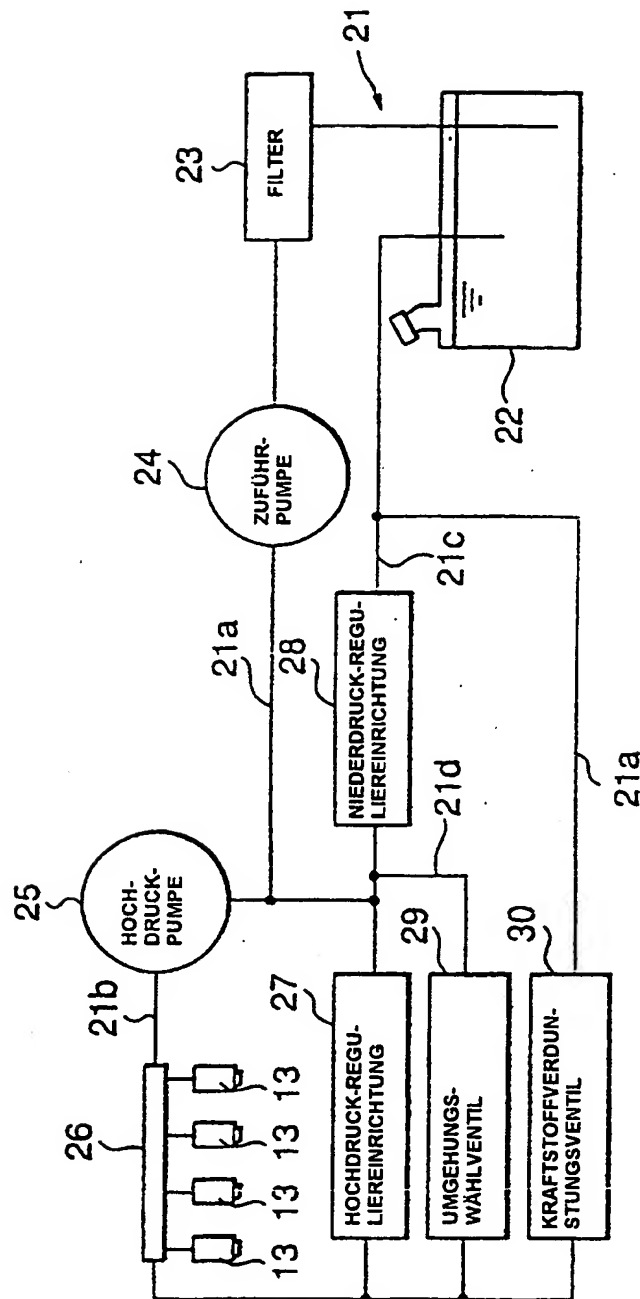


FIG.20

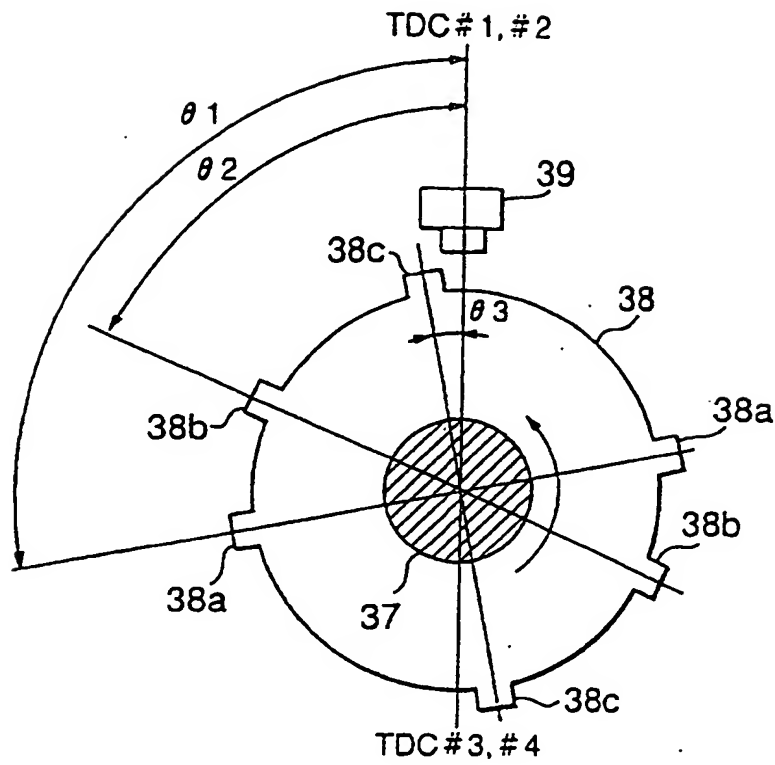


FIG. 21

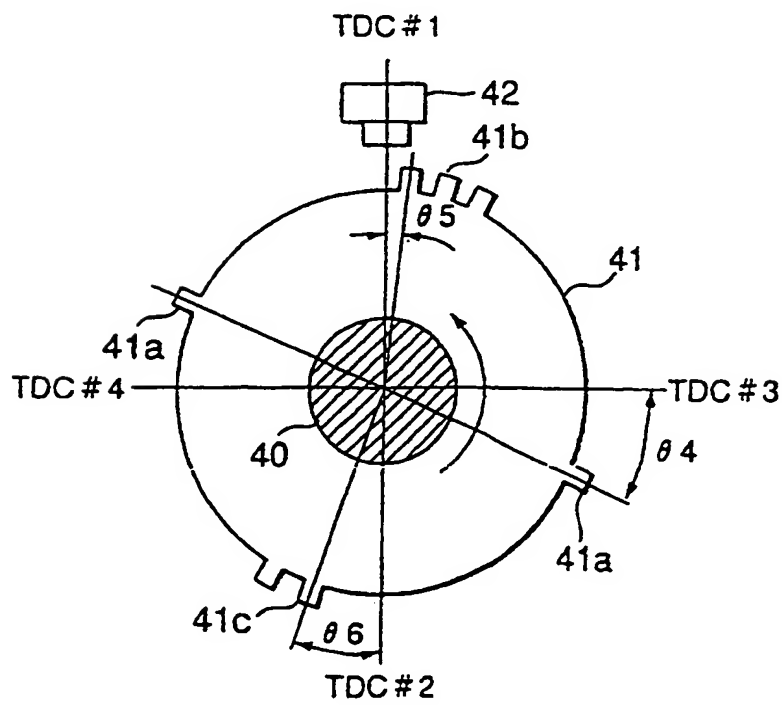


FIG. 22

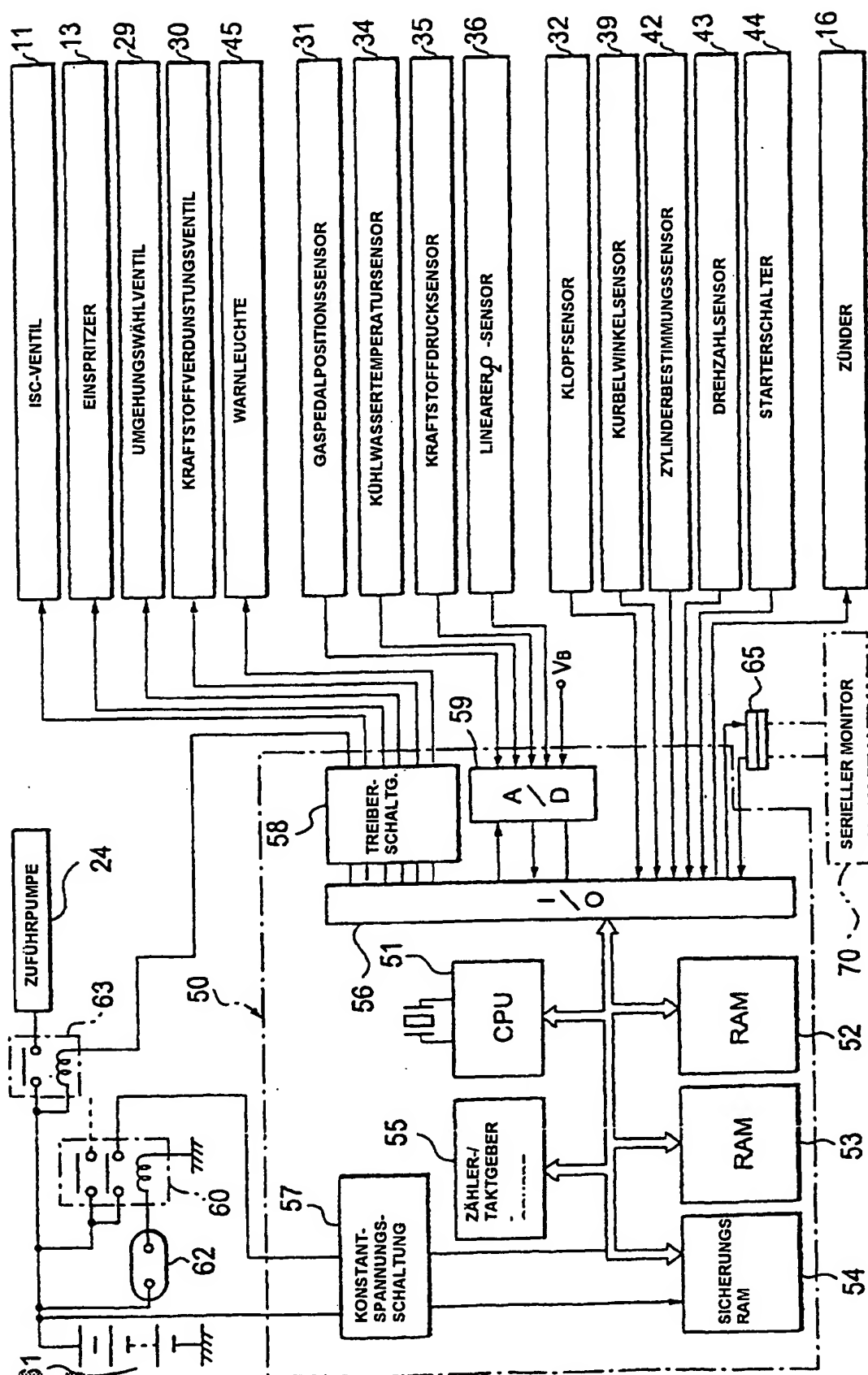


FIG. 23

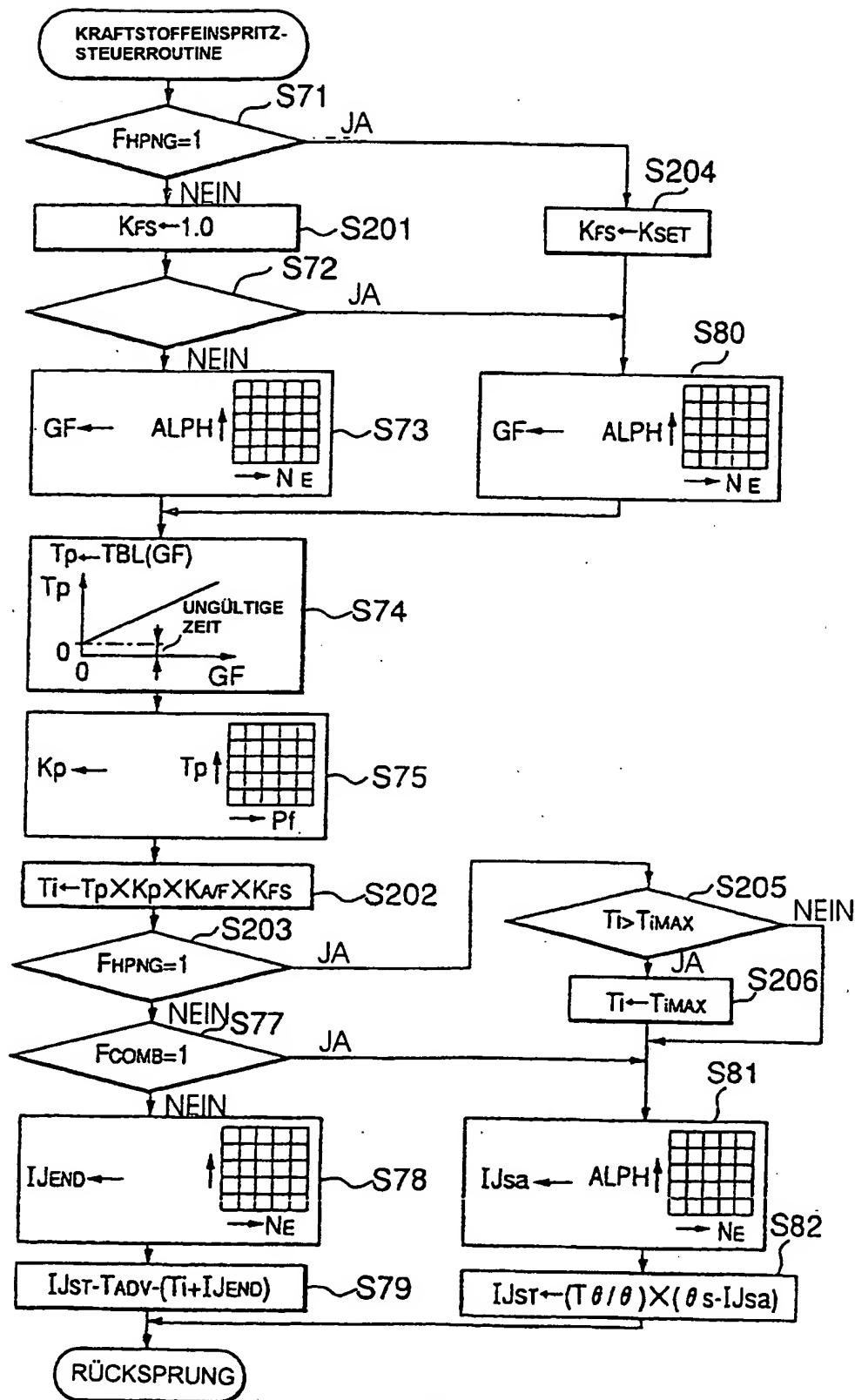


FIG.24

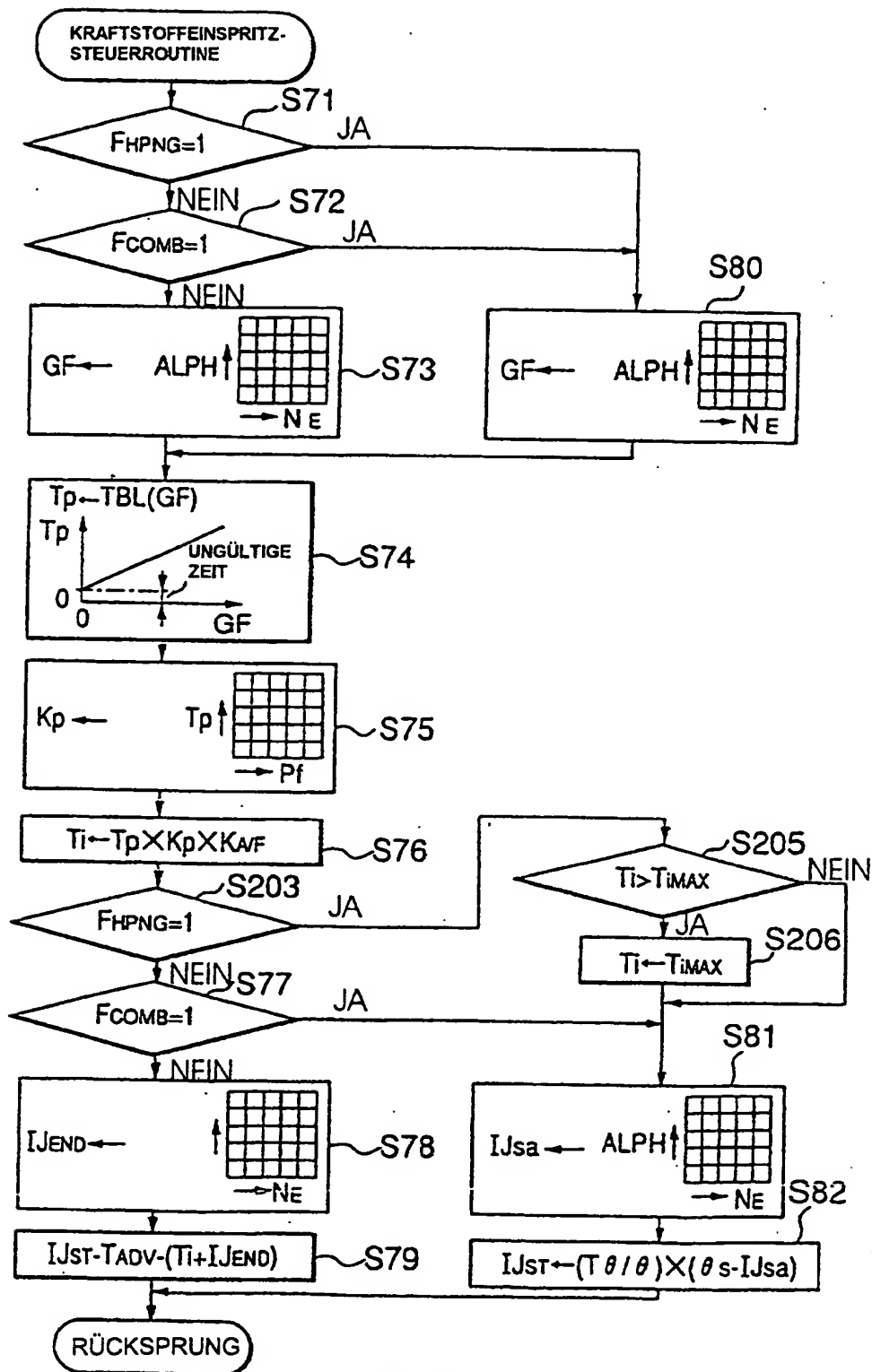


FIG.25

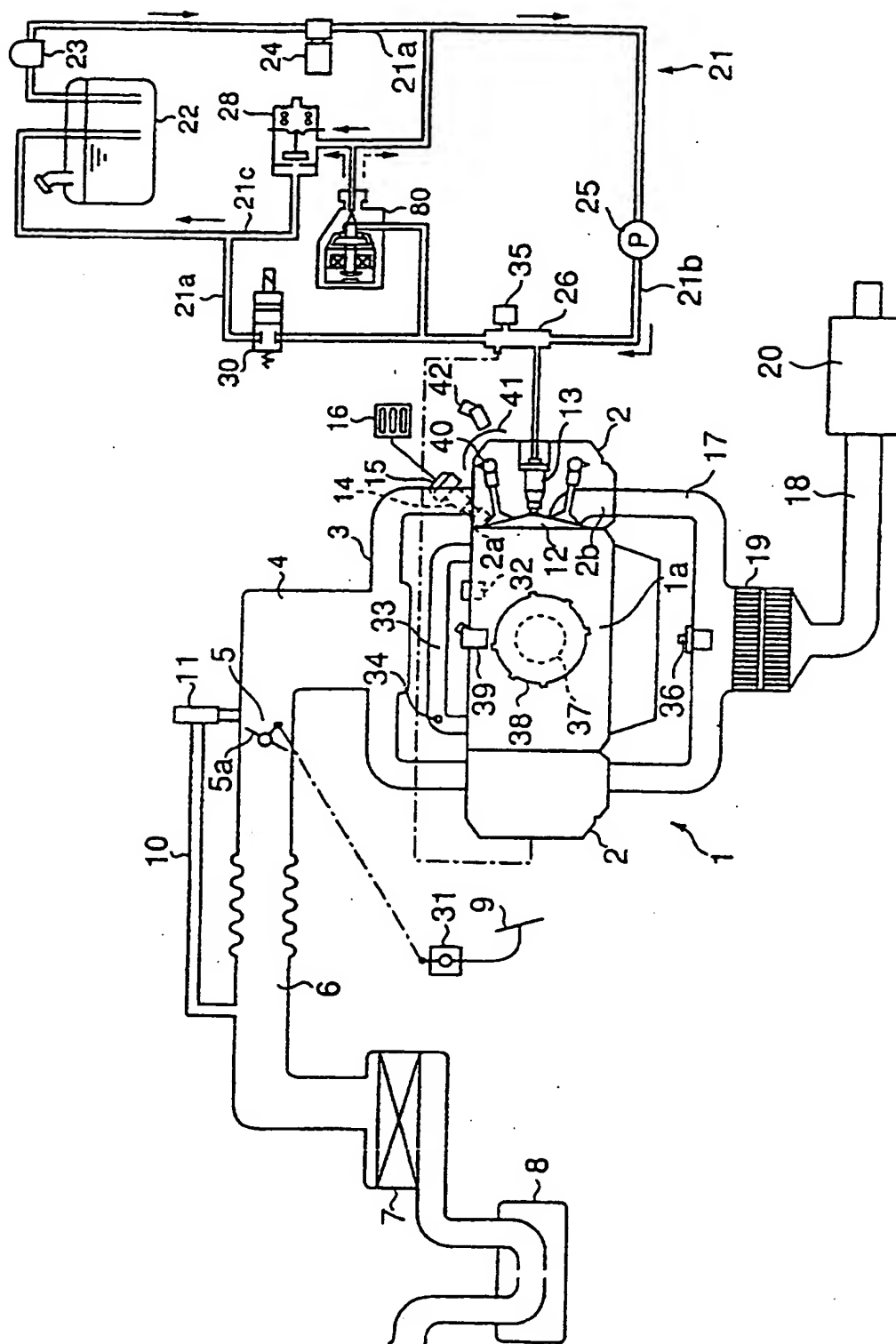


FIG. 26

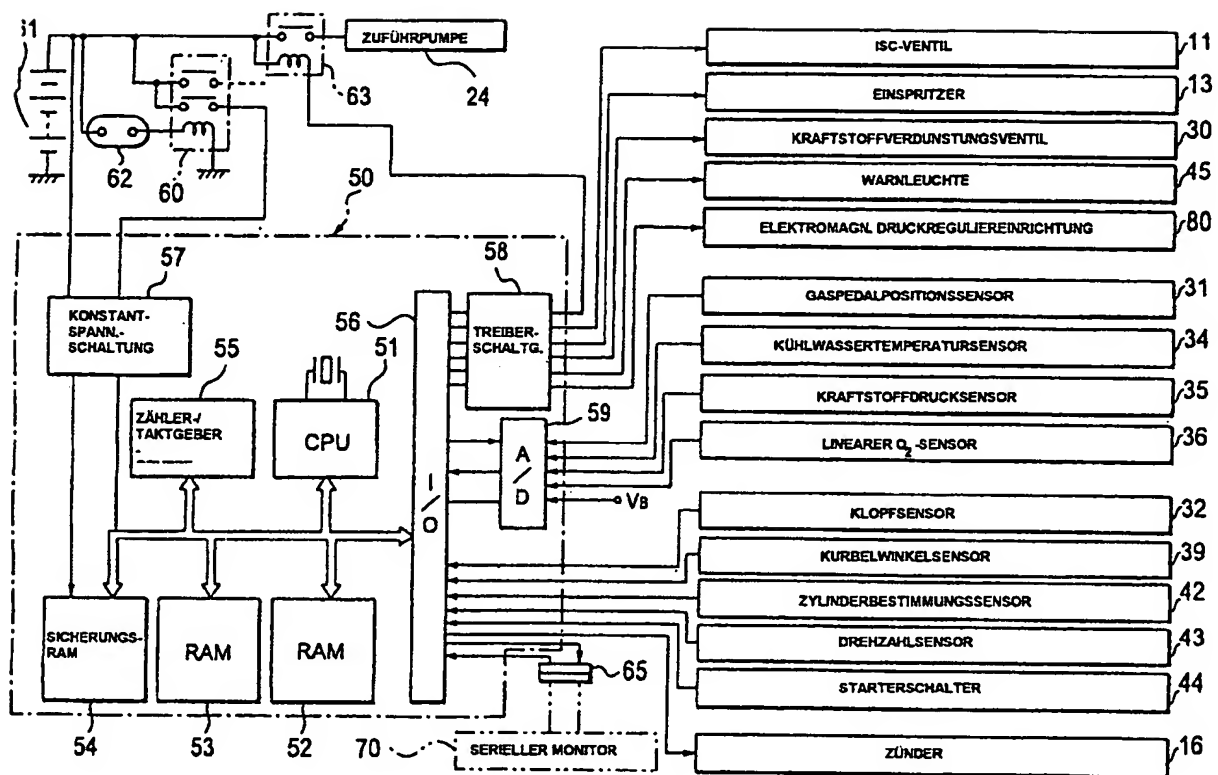


FIG.27

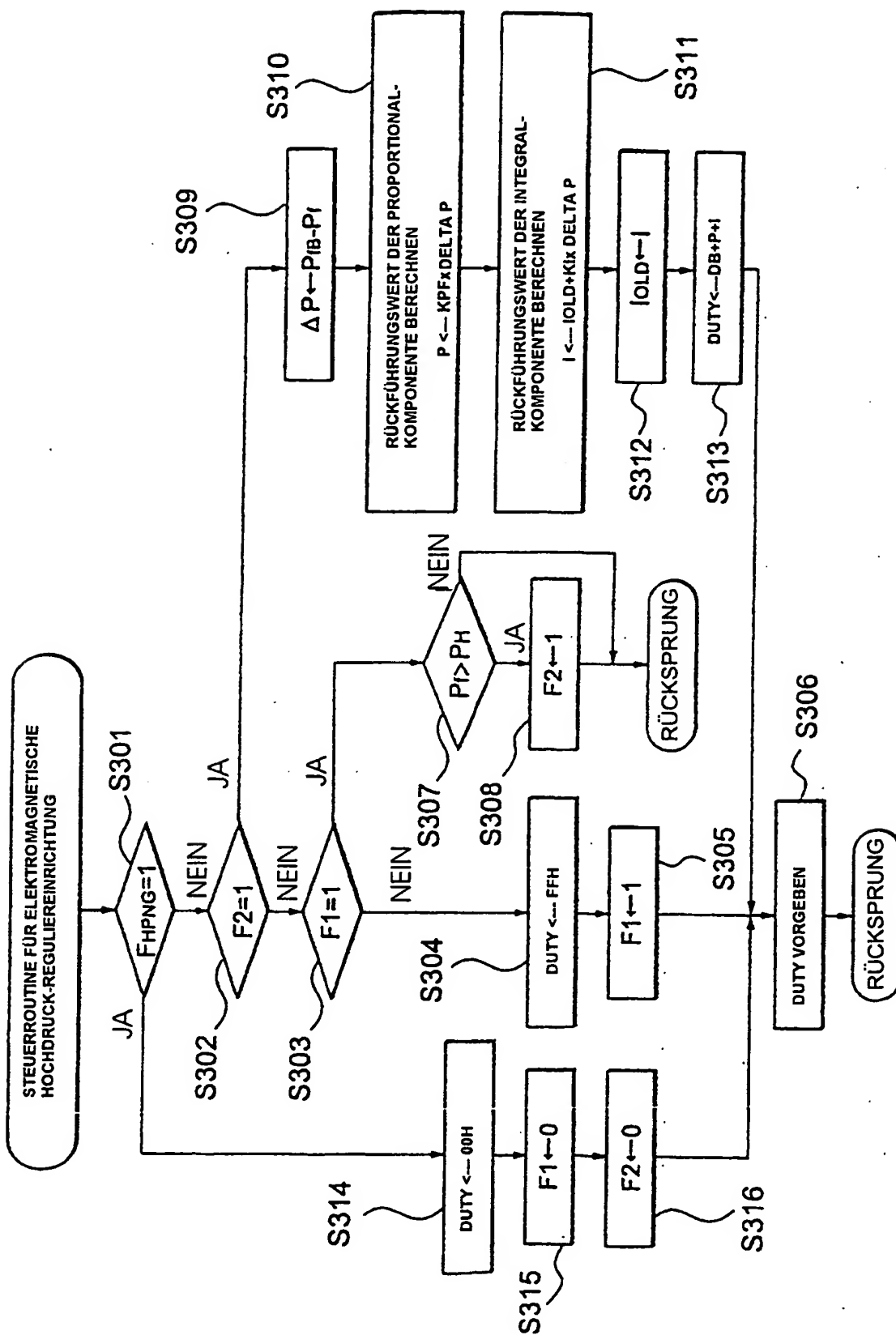


FIG.28